

УСИЛИТЕЛИ И ЗВУКОЗАПИСЫВАЮЩАЯ АППАРАТУРА

ТРЕХКАНАЛЬНЫЙ СТЕРЕОУСИЛИТЕЛЬ

Ю. Макаров

Сконструировать и построить стереофонический усилитель мощности, обеспечивающий минимальные искажения, применяя доступные, дешевые промышленные детали,— вот цель, которую ставят перед собой большинство радиолюбителей. В состав звуковоспроизводящего тракта такого усилителя должны входить звуконоситель (магнитофильм или грампластинка), считывающее устройство (магнитная головка магнитофона или звукосниматель ЭПУ), механизм транспортирования ленты (или вращения диска ЭПУ), устройство коррекции частотных характеристик, усилитель мощности, акустические системы, а также помещение для прослушивания музыкальных программ.

Оптимальная выходная мощность усилителя для создания в средней жилой комнате необходимого звукового давления [21, 24] должна быть равна 15—20 Вт синусоидального сигнала (20—25 Вт музыкального) [8, 9]. Существует большое количество схемных решений, позволяющих относительно просто получить такую мощность. Но нельзя при этом забывать о качестве сигнала [19], определяемом шумами, динамическим диапазоном, нелинейными и интермодуляционными искажениями [6, 8, 12, 23]. Получение достаточно широкополосного сигнала (20—20 000 Гц) с малыми нелинейными искажениями относительно просто, но весьма трудно достичь малых интермодуляционных искажений, возникающих вследствие неизбежного взаимодействия близстоящих по частоте сигналов (или сигналов и шумов) [18]. Интермодуляционные искажения придают основному сигналу неприятную окраску, появляются заметные хрипы, теряется сочность, звонкость, прозрачность, разборчивость тембров отдельных музыкальных инструментов [19]. Кроме того, получение сигнала с малыми нелинейными искажениями в широкополосном усилителе связано с использованием элементов, имеющих высокие граничные частоты, малый уровень шумов, большой динамический диапазон [6, 11, 12]. Такие элементы дефицитны и дорогостоящи, что создает трудности их взаимной замены и повышает стоимость усилителя.

Разделение сигнала по частоте (после каскадов предварительного усиления) на несколько полос и осуществление усиления раздельными усилителями, каждый из которых нагружен на собственную динамическую головку, упрощает принципиальную схему и настройку усилителя и позволяет получить неплохие результаты звуковоспроизведения. Причем предпочтительнее всего оказывается разделение спектра на три полосы. В этом случае ширина каждой полосы довольно мала, что облегчает настройку, введение отрицательной обратной связи (ООС) без нарушения устойчивости и позволяет осуществлять глубокую регулировку тембров без ухудшения параметров усилительного тракта. Обычно регуляторы тембров (РТ) построены по схемам частотно-зависимой ООС, поэтому при подчеркивании тех или иных частот происходит одновременное ухудшение качества воспроизведения этих частот из-за снижения ООС. Глубина ре-

гулировки в таких темброблоках не более ±12 дБ, они содержат много деталей и склонны к самовозбуждению.

В случае трехполосного сквозного тракта воспроизведения звука регуляторы тембров превращаются в регуляторы уровней только в данной полосе, а глубина регулировки тембра зависит лишь от динамического диапазона потенциометров, т. е. равна около 40 дБ. Такую глубину регулировок тембров не имеют даже лучшие (и дорогостоящие!) отечественные и зарубежные усилители.

Создание трех селективных (каждый в своей полосе) усилителей относительно несложно. Выделение же трех полос требует сначала определения частот раздела, а затем оптимальной реализации фильтров [8, 17, 18, 19].

Опираясь на теорию акустики и музыки, учитывая существующие схемно-технические решения, первая частота раздела должна лежать в диапазоне 300—500 Гц, вторая — 4, 0—5,0 кГц.

В предлагаемой конструкции использованы RC фильтры третьего порядка с крутыми срезами. В дополнение к фильтрам в каждой полосе усиления имеется частотно-зависимая ООС, линеаризирующая характеристику усилителя своей полосы и снижающая взаимопроникание сигналов разных полос [5, 10, 11, 20]. Две последовательные ступени селекции по частоте обеспечивают повышенное затухание между каналами.

Второй особенностью предлагаемого усилителя является наличие регулятора тембра средних частот (РТСЧ). При прослушивании звуковой программы этот регулятор позволяет выделить более выпукло «провалившуюся» часть музыкального образа, увеличить сочность и прозрачность звучания. В эстрадной музыке, где основная часть звуковой энергии сосредоточена в диапазоне частот от 800 до 1500 Гц [19], посредством этого регулятора удается несколько смягчить характер звучания, если при записи программы чрезмерно выделены солисты и подавлены сопровождающие инструменты.

Регуляторы тембров низкочастотной (РТНЧ) и высокочастотной (РТВЧ) полос дают возможность при любых, даже минимальных, уровнях громкости слышать полноценное звучание, так как глубина регулировок на частотах 100 и 10 000 Гц достигает по напряжению от 0,02—0,05 до 3,6—4,0 В, т. е. 80—180 раз, что составляет

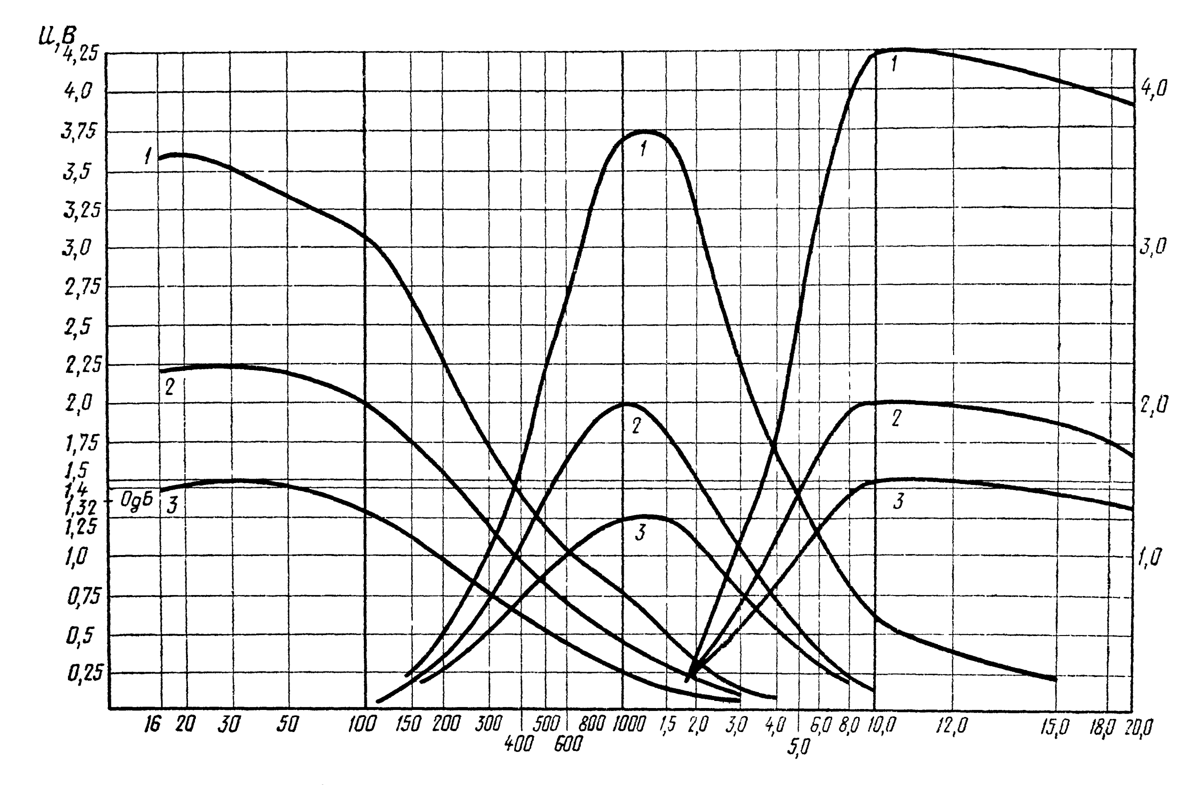


Рис. 1. Амплитудно-частотные характеристики полосовых усилителей:

1 — максимальное положение регуляторов тембра; *2* — среднее положение; *3* — оптимальное положение (неравномерность 0,1—0,5 дБ)

38—48 дБ. Надо заметить, что пределы регулировки снизу ограничены лишь первым скачком изменения сопротивления потенциометра, а сверху — мощностью полосового усилителя. Такая глубина регулировок в диапазоне от 20 до 500 Гц и от 3,5 до 20,0 кГц позволяет весьма точно следовать кривым равной громкости (псофометрической функции) при любом возможном уровне звучания [6, 8, 19, 21, 24]. Приведенные на рис. 1 амплитудно-частотные характеристики наглядно подтверждают сказанное.

Другой особенностью предлагаемого усилителя является принцип компоновки аппарата. Во-первых, выбран навесной монтаж, позволяющий осуществлять изменения в схеме, применять детали почти любых типов и габаритов, а также допускающий многократные перепайки в процессе настройки и экспериментов. Кроме того, навесной монтаж имеет меньшие паразитные связи [4] и трудоемкость по сравнению с монтажом на печатных платах при малых тиражах изготавливаемой аппаратуры.

Во-вторых, в отличие от большинства известных усилителей в конструкции нет жгута из соединительных проводов. Единственными проводниками в блоке усилителя, имеющими максимальную длину до 30 см, являются провода накала, анодного питания ламп и (до 15 см) провода к выходным разъемам. Все остальные соединения в подавляющем большинстве выполнены непосредственно выводами самих элементов схемы.

Все регуляторы (тембров, громкости, баланса) и селектор входов установлены по месту монтажа, а их оси удлинены и выведены на лицевую панель.

Далеко не каждый радиолюбитель располагает достаточной технической базой для изготовления ручек сложной конфигурации, многие испытывают затруднения при нанесении надписей на стекле или металле. Обычно радиолюбитель может выполнить жестяные работы, сделать конструкцию из стали или дюралюминия, использовать узлы заводского производства для коммутации и управления. Это тоже учтено при проектировании настоящего усилителя.

Вся конструкция выполнена из мягкой стали толщиной 1 мм, являющейся электромагнитным экраном [4], что позволило простыми средствами значительно умень-

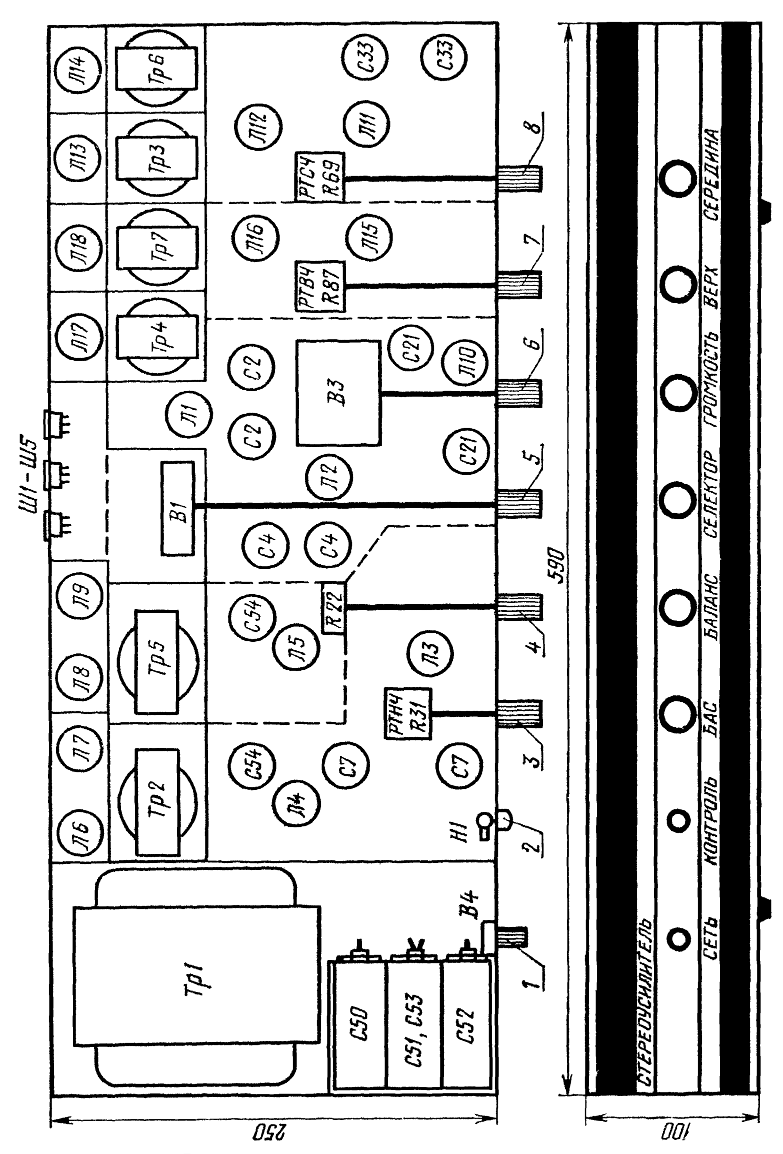


Рис. 2. Размещение деталей на шасси:

1 — включатель сети *В4*, *2* — контроль включения *Н1*, *3* — регулятор тембра НЧ, *4* — регулятор баланса, *5* — селектор входов, *6* — регулятор громкости; *7* — регулятор тембра ВЧ, *8* — регулятор тембра СЧ.

шить возможные паразитные связи, наводки и фон. Усилители и выходные трансформаторы разделены стальными экранами и закрыты стальными крышками. Эти меры значительно увеличили переходное затухание между каналами и полосами и уменьшили возможность самовозбуждения. Размещение деталей на шасси показано на рис. 2.

В качестве активных элементов в усилителе применены радиолампы по той причине, что транзисторы и микросхемы создают больший уровень собственных шумов, особенно в верхней части звукового диапазона. Кроме этого, применение полупроводниковых приборов вызывает необходимость увеличения числа каскадов усиления, усложняет блок стабилизированного питания, требует применения радиаторов к выходным транзисторам и, наконец, приводит к необходимости обеспечения защиты выходных транзисторов от замыканий в нагрузке и защиты обмоток динамических головок от сгорания при неисправностях в выходных каскадах (в бестрансформаторных схемах). При единичном изготовлении в домашних условиях транзисторный усилитель аналогичного типа более трудоемок и выше по стоимости. Кроме того, музыкальный сигнал, носящий обычно динамический, многопиковый характер [19, 20], вызывает в транзисторных усилителях резкие смещения рабочих точек характеристик транзисторов из-за недостаточности динамического диапазона последних. Увеличение динамического диапазона транзисторных каскадов требует увеличения силы начального тока транзисторов, а это ведет за собой возрастание шумов (и без того значительных). Особые затруднения вызывает отбраковка комплементарных пар выходных транзисторов. Применение же транзисторов однотипной проводимости означает усложнение фазоинверсного каскада и требует бóльшего количества деталей.

В широкополосном транзисторном усилителе проблема ООС противоречива. Стремление к уменьшению спадов характеристики по краям диапазона, увеличению термостабилизации и линеаризации характеристики транзисторов заставляет увеличивать обратную связь [11, 12, 16]. В то же время ограниченная реакция усилителя по цепи ООС вызывает его перегрузку, резкое возрастание нелинейных и интермодуляционных искаже-

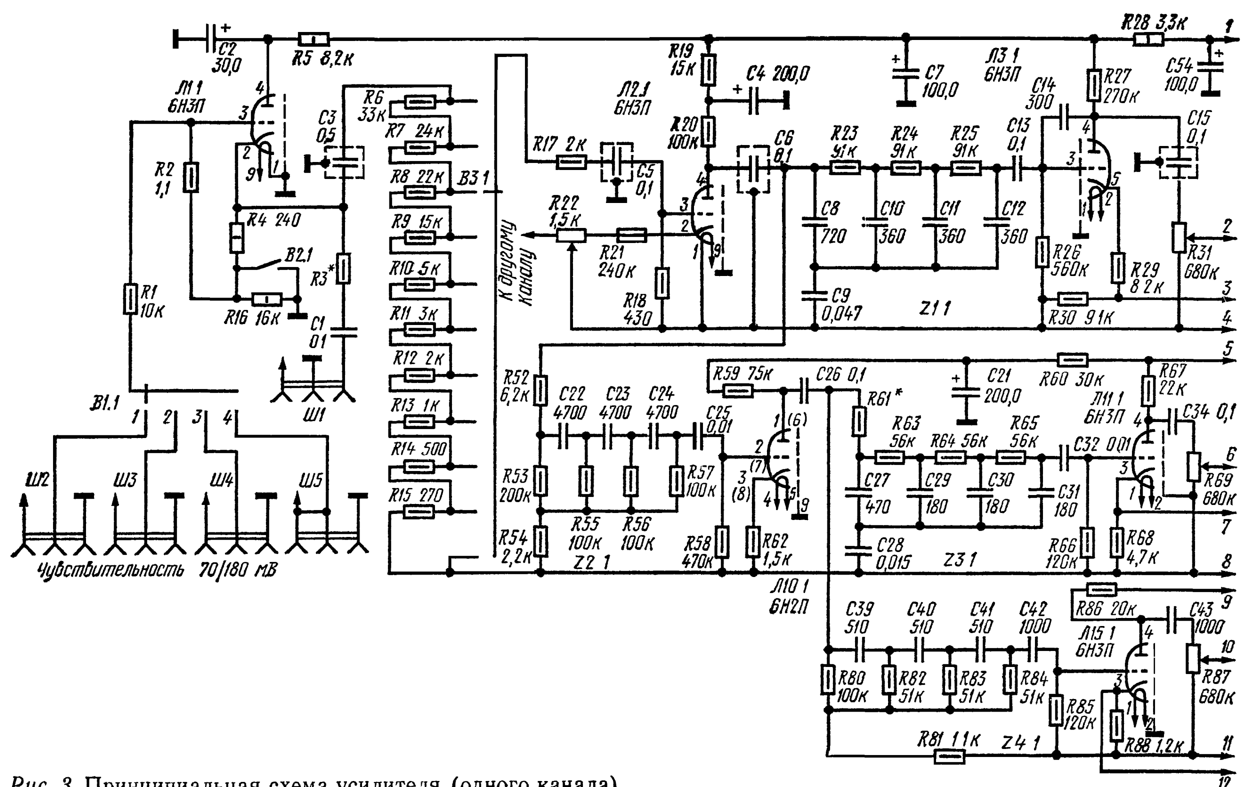
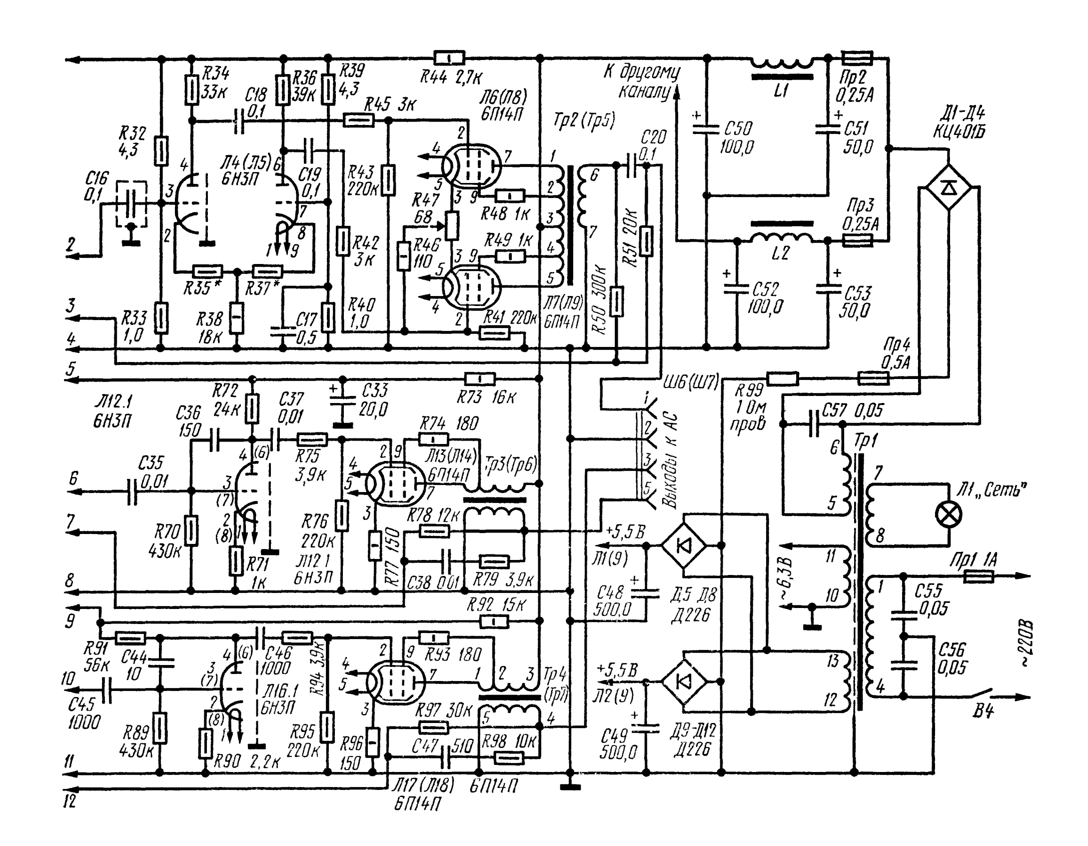


Рис. 3. Принципиальная схема усилителя (одного канала)

2 7—2085



R44 2,7к
К другому каналу
R34 33к
R36 39к
R39 4,3
C18 0,1
R45 3к
Л6(Л8) 6П14П
Тр2 (Тр5)
C20 0,1
Пр2 0,25А
L1
C50 100,0
C51 50,0
Д1-Д4 КЦ401Б
R32 4,3
Л4 (Л5) 6Н3П
C19 0,1
R43 220к
R47 68
R48 1к
C16 0,1
R46 110
R49 1к
R42 3к
R51 20к
R50 300к
Пр3 0,25А
L2
C52 100,0
C53 50,0
R35*
R37*
R40 1,0
R41 220к
Л7(Л9) 6П14П
R33 1,0
R38 18к
C17 0,5
Пр4 0,5А
R73 16к
Ш6(Ш7)
R99 1 Ом пров
Л12.1 6Н3П
R72 24к
C37 0,01
C33 20,0
C36 150
R75 3,9к
R74 180
Л13(Л14) 6П14П
Тр3(Тр6)
Выходы к АС
C57 0,05
Тр1
C35 0,01
Л1 „Сеть"
R70 430к
R71 1к
R76 220к
Л12.1 6Н3П
R77 150
R78 12к
C38 0,01
R79 3,9к
+5,5В
Л1(9)
~6,3В
C48 500,0
Д5 Д8 Д226
Пр1 1А
C55 0,05
~220В
R92 15к
R91 56к
C44 10
C46 1000
R94 3,9к
R93 180
Тр4 (Тр7)
C56 0,05
C45 1000
Л16.1 6Н3П
R89 430к
R90 2,2к
R95 220к
R96 150
R97 30к
C47 510
R98 10к
Л2(9)
C49 500,0
Д9-Д12 Д226
В4
Л17 (Л18) 6П14П
6П14П

ний [11, 12]. Тогда приходится уменьшать глубину обратной связи и применять на выходе редкие и дорогие высокочастотные транзисторы. Чрезмерное же расширение полосы пропускания ведет к возбуждению усилителя на СВЧ, что вызывает хриплость звука [12, 18]. Высокочастотные транзисторы выпускаются в первую очередь с параметрами, нужными в их основном режиме использования, и имеют ненормированный уровень шумов на низких частотах [15, 22, 23]. Эти шумы, взаимодействуя с полезным сигналом, вносят интермодуляционные искажения [18]. Конечно, в трехполосном усилителе в полосе НЧ можно применить транзисторы с низкой граничной частотой. Но в СЧ и ВЧ полосах это не удастся. Такое решение еще более увеличит номенклатуру деталей и без того дефицитных.

Ламповый вариант усилителя не требует отбраковки деталей, имеет меньше каскадов и деталей вообще, выпрямитель прост и не требует налаживания, себестоимость относительно мала, настройка не вызовет трудностей даже у радиолюбителей средней квалификации. Масса, габариты и энергопотребление не являются определяющими факторами в стационарных высококачественных усилителях [6, 14].

Принципиальная схема усилителя (одного канала) показана на рис. 3.

Стерео- или моносигнал, поступивший на один из выходов *Ш2—Ш5*, подается через селектор входов *В1*, на лампу *Л1*, включенную по схеме катодного повторителя, имеющего большой динамический диапазон. Сигнал усиливается по мощности, поступает на дискретный регулятор усиления *В3* [1, 2, 5, 20]. Затем сигнал усиливается каскадом на лампе *Л2 с* регулятором баланса (*R22*) в цепи катода. С анодной нагрузки лампы *Л2* сигнал попадает на фильтры *Z1* и *Z2*, где и происходит первая селекция по частоте. Через фильтр низших частот *Z1* сигнал с частотами от 20 до 400 Гц поступает на лампу *Л3*, усиливается и через РТНЧ *(R31)* поступает на фазоинверсный каскад, собранный по схеме с катодной связью на лампе *Л4* (*Л5*). Такая схема имеет большую симметрию плеч и стабильность параметров, коэффициент усиления 2 и большой динамический диапазон, легко настраивается [1, 13, 20].

Далее сигнал попадает на управляющие сетки ламп

Л6, Л7 (*Л8, Л9*), включенных по традиционной схеме ультралинейного двухтактного усиления с выходным трансформатором *Т2* (*Т5*) от радиоприемников «Симфония» или «Фестиваль», «Минск», магнитофонов «Днепр-11», «Днепр-12», «Днепр-14» [5, 6, 10, 16].

Через фильтр средних и высоких частот *Z2* сигнал с частотами от 400 до 20 000 Гц поступает на промежуточный каскад усилителя на лампе *Л10,* компенсирующий потери в фильтре *Z2.* Усиленный сигнал вторично селектируется фильтрами средних (*Z3*) (400—4000 Гц) и высших (*Z4*) частот (4000—20 000 Гц). Далее сигналы в каждой полосе соответственно попадают на лампы *Л11* и *Л15*, регулируются потенциометрами РТСЧ (*R69*) и РТВЧ (*R87*), усиливаются лампами *Л12* и *Л16*, после чего поступают на оконечные лампы *Л13* (*Л14*) и *Л17* (*Л18*), включенные по ультралинейной однотактной схеме с выходными трансформаторами *Тр3* (*Тр6*) и *Тр4* (*Тр7*) от приемников «Урал-110», «Ригонда», «Факел», реверберационной приставки «Эхо» [5, 6, 10, 17].

Оконечные каскады всех полос особенностей не имеют и настраиваются обычным путем.

Отрицательные обратные связи, подаваемые с вторичных обмоток выходных трансформаторов, отличаются глубиной и частотными свойствами, определяемыми параметрами емкостей и резисторов *R50*, *R51*, *C20*, *R78*, *R79*, *C38*, *R97*, *R98*, *C47*.

При соответствии номиналов применяемых деталей номиналам, указанным на схеме, усилитель будет работать сразу (если в конструктивной части не окажется ошибок, проявляющихся при перекомпоновке деталей и узлов).

Настройка усилителя традиционная: от выходных каскадов каждой из полос к входным. Особенностью является только применение трех разных частот для настройки каждой полосы: 100 Гц — для полосы НЧ; 1000 Гц — СЧ, 10 000 Гц — ВЧ. Каскады на *Л1, Л2* и *Л10* настраивают на частоте 1000 Гц. В каждой полосе после настройки усилителя надо правильно сфазировать и подобрать глубину ООС. Режимы ламп по постоянному и переменному току указаны в табл. 1 и 2.

С катодной нагрузки лампы *Л1* входной сигнал может быть подан на вход стереомагнитофона через гнездо *Ш1.*

Таблица 1

Напряжения постоянного тока (измеритель Ц4312)

Точка измерения	U, В	Точка измерения	U, В
С50	300	*Л3*, 4(6)	95
С52	300	*Л3*, 2(8)	1,5
Л6(*Л8*), 7	295	*С4*	200
Л6(*Л8*), 9	300	*Л2*, 4(6)	36
Л6(*Л8*), 3	7÷10	*Л2*, 2(8)	1,7
Л7(*Л9*), 7	295	*С2*	190
Л7(*Л9*), 9	300	*Л1*, 2(8)	85
Л7(*Л9*), 3	7÷10	*С33*	200
Л13(*Л14*), 7	280	*Л11*, 4(6)	160
Л13(*Л14*), 9	290	*Л11*, 2(8)	4,25
Л13(*Л14*), 3	8	*С21*	165
Л17(*Л18*), 7	280	*Л10*, 1(6)	110
Л17(*Л18*), 9	290	*Л10*, 3(8)	0,8
Л17(*Л18*), 3	8	*R92*, *R91*, *R86*	210
С54	255	*Л16*, 4(6)	100
Л4(*Л5*), 4	210	*Л16*, 2(2)	3,22
Л4(*Л5*), 6	158	*Л15*, 4(6)	146
Л4(*Л5*), 2	56	*Л15*, 2(8)	3
Л4(*Л5*), 8	53,5	*Л1*, 9	5,5
С7	240	*Л2*, 9	5,5

В связи с тем, что монофонические программы вытесняются стереофоническими, усилитель не имеет отдельного переключателя «моно/стерео», но при подаче монофонического сигнала на *Ш5* и установке переключателя *В1* в положение *4* происходит замыкание входов левого и правого каналов (*3* и *5* лепестки гнезда *Ш5* соединены между собой). В этом случае с разъема *Ш1* снимается моносигнал. В тех же случаях, когда нужно записать стереофоническую программу на монофонический магнитофон, то через стандартный соединительный кабель стереосигнал нужно подать на гнездо *Ш5*.

Такой способ перевода усилителя из режима «стерео» в режим «моно» позволил не устанавливать отдельного переключателя этих режимов, упростить композицию передней панели усилителя, уменьшить длину соединительных проводов и паразитные емкости.

Блок питания выполнен в отдельном съемном стальном кожухе, соединенном с блоком усилителя четырьмя винтами М4.

Таблица 2

Напряжение переменного тока (измеритель МВЛ-2М)

Условия измерения	Точка измерения	U
$f1$ = 100Гц, $U_{вх}$ = 70мВ, $B2$ — выкл.	*Л1*, 3(7)	69 мВ
	Л1, 2(8)	62 мВ
	Л2, 3(7)	60 мВ
	Л2, 2(8)	20 мВ
	Л2, 4(6)	850 мВ
	Л3, 3(7)	420 мВ
	Л3, 4(6)	2,1 В
	Л4(*Л5*), 3	3,5 В
	Л4(*Л5*), 4	6,5 В
	Л4(*Л5*), 6	6,5 В
	Л6(*Л8*), 2	6,5 В
	Л7(*Л9*), 2	6,5 В
$f2$ = 1000 Гц, $U_{вх}$ = = 70 мВ, $B2$ — выкл.	1, 3(7)	60 мВ
	1, 2(8)	66 мВ
	2, 3(7)	66 мВ
	2, 2(8)	28 мВ
	2, 4(6)	740 мВ
	10, 2(7)	320 мВ
	10, 1(6)	4,5 В
	11, 3(7)	1,75 В
$f2$ = 1000 Гц	*Л11*, 4(6)	1,4 В
	Л12, 3(7)	1,3 В
	Л12, 4(6)	14,0 В
	Л13(*Л14*), 2	13,0 В
$f3$ = 10 000 Гц, $U_{вх}$ = 70 мВ, $B2$ — выкл.	*Л1*, 3(7)	70 мВ
	Л1, 2(8)	64 мВ
	Л2, 3(7)	62 мВ
	Л2, 2(8)	36 мВ
	Л2, 4(6)	400 мВ
	Л10, 2(7)	320 мВ
	Л10, 1(6)	2,0 В
	Л15, 3(7)	450 мВ
	Л15, 4(6)	2,2 В
	Л16, 3(7)	89 мВ
	Л16, 4(6)	10,0 В
	Л17(*Л18*), 2	9,0 В

Особенность состоит лишь в применении для каждого канала отдельных дросселей (от телевизора «Рекорд-Б») и конденсаторов фильтра выпрямителя в целях улучшения развязки левого и правого каналов по анодному питанию. Силовой трансформатор от телевизора «КВН-49», «Рубин-102» или «Экран», «Т-2», т. е. любой, дающий 290—310 В переменного тока на вторичной обмотке. Мощность по первичной обмотке — 180—200 Вт. Данные трансформаторов помещены в табл. 3.

Нити накала первых двух ламп подогреваются постоянным током, каждая через отдельный мостовой выпрямитель с емкостным фильтром [2, 4, 7].

Акустические системы должны иметь не менее трех динамических головок прямого излучения. Экспериментально проверялось применение головок с сопротивле-

Таблица 3

Данные дросселей и трансформаторов

	№ выводов	Число витков	Марка и диаметр провода, мм	Сопротивление постоянному току Ом	Индуктивность (f = =50Гц)	Паспорт, магнитопровод
Тр2 Тр5	1—2	1000	ПЭЛ 0,14	140±10%	16 Гн	ИЩ4. 731.019 (радиола «Симфония») Ш20×30
	2—3	250	ПЭЛ 0,14	40±10%		
	3—4	250	ПЭЛ 0,14	40±10%		
	4—5	1000	ПЭЛ 0,14	140±10%		
	6—7	82	ПЭЛ 0,64	2		
Тр3 Тр4 Тр6 Тр7	1—2	1200	ПЭЛ 0,15	270±10%	7,6 Гн	ИВ4.731.067 Сп (радиолы «Урал-1, 2, 5, 6, 110, 111», реверберационная приставка «Эхо») Ш22×20
	2—3	1700	ПЭЛ 0,15			
	4—5	120	ПЭЛ 0,55	70,95±±10%		
1,2		2800	ПЭЛ 0,27	70		Ш19×19
Тр1	1—4	155+28++183	ПЭЛ 0,8; 1,0; 1,0			Ш40×70 (телевизоры КВН-49-4, КВН-49-М)
	5—6	440	ПЭЛ 0,29			
	7—8	10	ПЭЛ 0,29			
	10—11	11	ПБД 2,1			
	12—13	11	ПЭТ 0,8			

нием постоянному току от 2 до 15 Ом в полосе НЧ, от 4 до 10 Ом в полосе СЧ и от 4 до 12 Ом в полосе ВЧ без переделки выходных трансформаторов и изменения обратной связи. В зависимости от степени согласования с нагрузкой изменялась отдача динамических головок без существенных качественных различий. Большая глубина регулировок тембров позволяла компенсировать недостаточность КПД и отдачи динамических головок разных типов, что также показывает преимущество трехполосного усилителя по сравнению с однополосным.

Схему и конструкцию настоящего усилителя можно значительно упростить, выполнив усилитель полосы НЧ по однотактной схеме, подобно СЧ и ВЧ. Это допустимо при наличии хорошей низкочастотной динамической головки с высоким КПД и отдачей (не компрессионной). Количество ламп при этом сократится на четыре.

В полосах СЧ и ВЧ можно также сократить число ламп. Поскольку лампы *Л12* и *Л16* работают в режиме без усиления (с включенной ООС), их допустимо убрать, изменив глубину и подобрав фазу ООС. В результате упрощений число ламп в усилителе уменьшится до 12. В сокращенном варианте усилитель также показал хорошие результаты.

Литература

1. **Бонч-Бруевич А. М.** Радиоэлектроника в экспериментальной физике. М., «Наука», 1966.
2. **Бонч-Бруевич А. М.** Применение электронных ламп. М., Гос. изд-во технико-теоретич. лит-ры, 1955.
3. **Варламов В. Г.** Компоновка РЭА. М., «Советское радио», 1975.
4. **Волин М. Л.** Паразитные связи и наводки. М., «Советское радио», 1965.
5. **Войшвилло Г. В.** Усилители низкой частоты на электронных лампах. М., «Связьиздат», 1963.
6. **Гендин Г. С.** Высококачественное звуковоспроизведение. М., «Энергия», 1970.
7. **Говоров Б. А. и др.** Особенности применения приемно-усилительных ламп. М., «Советское радио», 1966.
8. **Дольник А., Эфрусси М.** Как сделать радиоустановку с хорошим звучанием. М., ДОСААФ, 1965.
9. **Красов Ю., Черкунов В.** О выборе мощности усилителя НЧ.— «Радио», № 12, 1975.
10. **Криксунов В. Г.** Низкочастотные усилители. Киев, Гос. изд-во технич. лит-ры УССР, 1961.

11. **Лурье Б. Я.** Максимизация глубины обратной связи в усилителях. М., «Связь», 1973.
12. **Майоров А.** Динамические искажения в транзисторных усилителях НЧ.— «Радио», № 4, 1976.
13. **Мишустин И. А.** Самостабилизирующиеся каскады. М., «Энергия», 1967.
14. **Мудрецов Г.** Трехполосный усилитель для высококачественного звуковоспроизведения. Вып. № 23 «В помощь радиолюбителю», М., ДОСААФ, 1965.
15. **Придорогин В. М.** Шумовые свойства транзисторов на низких частотах. М., «Энергия», 1976.
16. **Ружицкий Ю. А.** Электроакустика и усилительные устройства. М., «Высшая школа», 1976.
17. **Терещук Р. М.** Справочник радиолюбителя. Киев, «Техника», 1960.
18. **Тейлор Ч. А.** Физика музыкальных звуков. М., «Легкая индустрия», 1976.
19. **Фурдуев В. В.** Стереофония и многоканальные звуковые системы. М., «Энергия», 1973.
20. **Цыкин Г. С.** Усилители электрических сигналов. М., «Госэнергоиздат», 1961.
21. **Чедд Г.** Звук. М., «Мир», 1975.
22. **Ши Р. Ф.** Усилители звуковой частоты на полупроводниковых приборах. М., «Иностранная лит-ра», 1957.
23. **Шумы в электронных приборах.** Сборник статей. М.-Л., «Энергия», 1964.
24. **Эфрусси М.** Слуховые аппараты и аудиометры. М., «Энергия», 1975.

СТЕРЕОТЕЛЕФОНЫ НА БАЗЕ 1-ГД-28

Н. Герцен

В любительских конструкциях головных телефонов в качестве излучателей чаще всего используют малогабаритные динамические головки небольшой мощности (0,1—0,5 Вт) с частотой резонанса 200—350 Гц. Для обеспечения удовлетворительной работы телефонов в широком диапазоне частот головки приходится переделывать, снижая частоту резонанса до 90—100 Гц. Эта переделка требует большой аккуратности и высокой точности в работе, поэтому данный метод не получил распространения среди широких кругов радиолюбителей.

Часто для улучшения качественных показателей малогабаритных динамических головок применяют корректирующие фильтры, обеспечивающие значительный подъем частотной характеристики в области низших и высших звуковых частот. Корректирующие фильтры не-

сколько расширяют рабочую полосу частот, но одновременно усложняют и удорожают их конструкцию, увеличивают нелинейные искажения и требуют повышенной мощности усилителя.

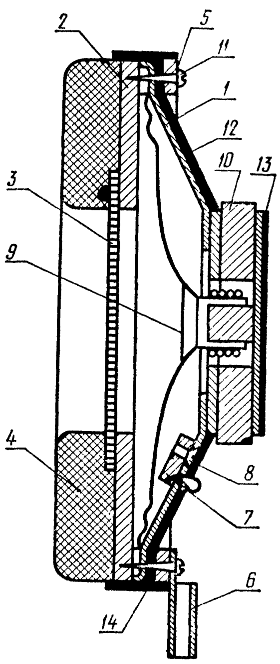


Рис. 1. Конструкция динамической головки:

1 — диффузородержатель; *2* — основание; *3* — металлическая сетка; *4* — поролоновая подушка; *5* — кольцо; *6* — кабеледержатель; *7* — контактная планка; *8* — винт; *9* — лист плотной бумаги; *10* — магнитная система; *11* — шуруп; *12* — кусок искусственной кожи; *13* — торцевая часть магнитной системы; *14* — боковая часть телефонов

Одним из путей улучшения звучания головных телефонов является использование излучателей, имеющих хорошие качественные показатели, но больших по размерам. Это позволяет значительно упростить конструкцию при высоком качестве звуковоспроизведения, сделать ее доступной для массового повторения даже начинающими радиолюбителями.

В предлагаемой конструкции широкополосных стереофонических головных телефонов в качестве излучателей использованы среднечастотные головки 1-ГД-28 с частотой механического резонанса 100 Гц. Телефоны удовлетворительно воспроизводят звуковые колебания в диапазоне частот от 30 до 15 000 Гц.

Из трехслойной фанеры толщиной 3 мм вырезают четыре заготовки, имеющие размеры диффузородержателя

головки (рис. 1). В двух из них, служащих основанием 2, в центральной части выпиливают овальное отверстие размером 65 × 40 мм по осям. Отверстие с помощью клея Ф-88 закрывают мелкой металлической сеткой 3, сверху приклеивают поролоновую подушку 4

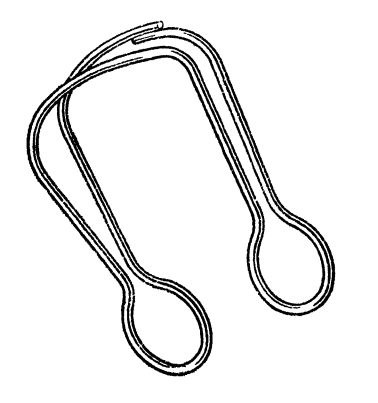


Рис. 2. Форма оголовья телефонов



Рис. 3. Общий вид телефонов

(клей следует наносить не на поролон, а на деревянное основание).

Из двух оставшихся заготовок изготовляют два кольца 5 шириной по 7 мм. В них просверливают по четыре отверстия диаметром 2 мм, соосно крепежным отверстиям в диффузородержателе *1*. Кабеледержатель *6* выполняют из листового дюралюминия. Часть диффузородержателя, служащую кронштейном для выводов звуковой катушки, обрезают ножницами. Вместо нее устанавливают контактную планку *7* и закрепляют ее винтом *8* к диффузородержателю *1*.

Для предотвращения попадания металлических опилок в магнитный зазор головки ее нужно заклеить со стороны диффузора листом плотной бумаги *9*. При резании и сверлении между диффузородержателем и диффузором прокладывают слой ваты, которую потом удаляют. Длину сверла ограничивают трубкой необходимой длины.

С куска искусственной кожи размером 20 × 17 см удаляют текстильную подкладку, в середине вырезают

отверстие диаметром на 15 мм меньше диаметра магнита головки.

При сборке телефонов головку накладывают на основание *2* и на ее магнитную систему *10* натягивают кусок искусственной кожи *12*. Кожу аккуратно расправляют и прижимают сверху кольцом *5* и кабеледержателем *6*. Фанерное кольцо *5* привинчивают мелкими шурупами *11* к основанию *2* и остатки искусственной кожи, выступающие за кольцо, отрезают лезвием безопасной бритвы. В месте выводов звуковой катушки прорезают небольшое отверстие. Затем кожу наклеивают на торцевую часть *13* магнитной системы головки и боковую часть телефонов *14*.

Оголовье телефонов изготовляют из проволоки по форме, показанной на рис. 2. Накладной стык проволоки обвязывается нитками, обшивается кожей. После установки магнитов в проушины оголовья телефоны приобретают вид, изображенный на рис. 3.

АКТИВНАЯ КОРОТКОВОЛНОВАЯ АНТЕННА

Ю. Хабаров

Чувствительность является одной из основных характеристик радиоприемника. В большинстве случаев при приеме на встроенную антенну (ферритовую или штыревую) она бывает ограничена собственными шумами первых каскадов радиоприемника. Применяя достаточно высокую внешнюю антенну, можно повысить чувствительность системы антенна — приемник. Однако неограниченно увеличивать высоту антенны не имеет смысла, так как, во-первых, это неудобно, а иногда и невозможно, и, во-вторых, начиная с некоторой высоты, мощность шумов окружающего пространства становится равной мощности собственных шумов приемника, приведенных ко входу, а затем превышает ее. В этом случае дальнейшее увеличение высоты антенны не только бесполезно, но и нежелательно с точки зрения перегрузки приемника сигналами местных мощных радиостанций.

Чтобы дать представление о максимальной целесообразной высоте антенны, приведем пример. Пусть приемник имеет реальную чувствительность 50 мкВ при полосе пропускания 8 кГц. Среднее напряжение шумов, приведенное ко входу приемника, равно 3,5 мкВ. Средняя напряженность поля помех на частоте 10 МГц равна 0,4 мкВ/м. Максимальная целесообразная действующая высота антенны $h_{\text{д. макс}} = 3{,}5/0{,}4 \approx 9$ м. Если антенна выполнена в виде вертикального проводника, ее высота составит 18 м.

Значительно повысить чувствительность без увеличения габаритов позволяет новый тип антенны, так называемая «активная антенна» [1]. Активная антенна представляет собой устройство, в котором объединены антенный штырь и малошумящий широкополосный усилитель. Антенный штырь, пока он мал по сравнению с длиной волны, имеет емкостное внутреннее сопротивление (рис. 1). Активное входное сопротивление усилителя весьма высокое, а входная емкость мала. Получается

частотно-независимый емкостный делитель напряжения, передающий значительную часть напряжения, наведенного в штыре, на вход усилителя. Выход усилителя соединен со входом приемника.

Описываемая активная антенна предназначена для встраивания в переносные транзисторные приемники с

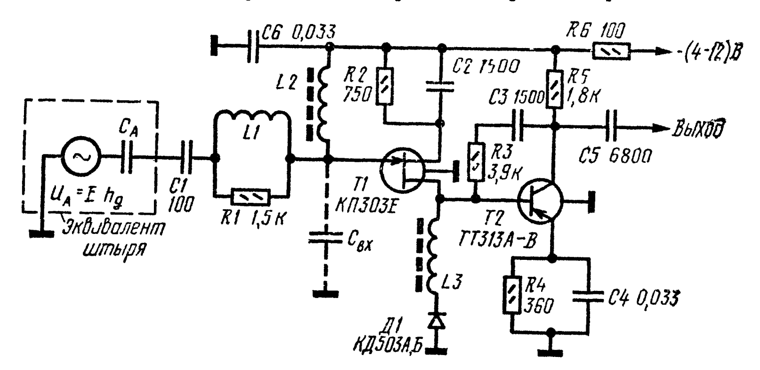


Рис. 1. Принципиальная схема активной антенны

коротковолновыми диапазонами. В качестве антенного штыря используется телескопическая антенна, имеющаяся в приемнике.

Вести прием на активную антенну в диапазонах ДВ и СВ было признано нецелесообразным по двум причинам. Во-первых, на частотах ниже 1 МГц высок уровень помех. Во-вторых, ферритовая антенна, на которую, как правило, ведется прием в диапазонах ДВ и СВ, менее чувствительна к ближним электрическим полям источников помех, чем штыревая, и поэтому способна обеспечить лучшую помехозащищенность приемника в этих диапазонах.

Активная антенна имеет следующие технические характеристики:

рабочий диапазон частот 3—30 МГц;

собственная реальная чувствительность 10 мкВ/м (при длине штыря 1 м и полосе пропускания приемника 8 кГц);

динамический диапазон 115 дБ;

усиление по напряжению 10;

напряжение питания 4—12 В;

потребляемый ток 2,5—3 мА.

На рис. 2 показан уровень собственных шумов активной антенны (кривая *2*) и уровень шумов активной антенны с приемником, имеющим реальную чувствительность 50 мкВ (кривая *3*). Там же (кривая *4*) показан уровень шумов такого же приемника с обычной телеско-

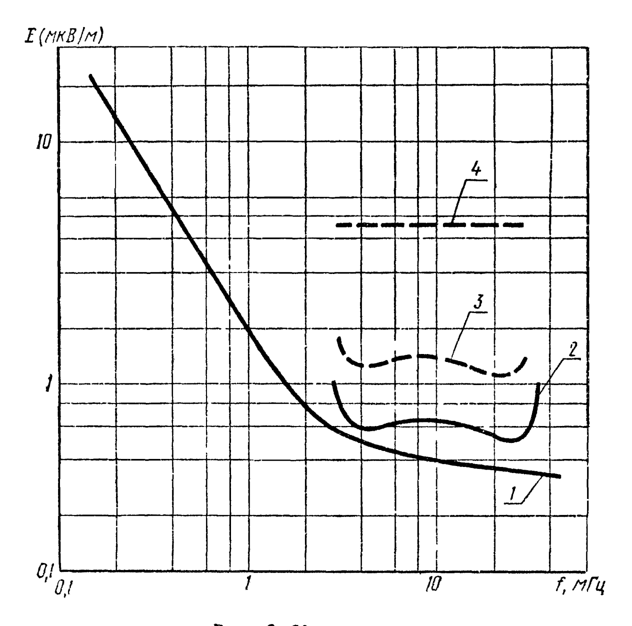


Рис. 2. Уровень шумов:

1 — окружающего пространства; *2* — активной антенны; *3* — приемника с активной антенной; *4* — приемника с обычной антенной

пической антенной и (кривая *1*) усредненная частотная зависимость напряженности поля шумоподобных помех. Как видно из рисунка, резкое возрастание уровня шумоподобных помех наблюдается на частотах ниже 3—4 МГц.

Сигнал, наводимый в антенном штыре, поступает на двухкаскадный усилитель через емкостный делитель напряжения $C_А C_{вх}$ (рис. 1). При этом напряжение сигнала на входе усилителя равно

$$U_{вх} = U_А \frac{C_А}{C_А + C_{вх}}.$$

Передача напряжения тем лучше, чем больше $C_А$ и чем меньше $C_{вх}$. Первый каскад выполнен на полевом транзисторе *T1* с каналом *n*-типа по схеме с общим истоком. Второй каскад — на биполярном транзисторе *T2* — собран по схеме с общим эмиттером и охвачен глубокой параллельной отрицательной обратной связью по напряжению через цепочку *R3C3*, что позволило получить равномерное усиление в широкой полосе частот, а также весьма низкое входное и выходное сопротивление данного каскада. Такое построение усилителя, с одной стороны, обеспечивает минимальную входную емкость, так как *T1* работает в режиме короткого замыкания по выходу, и, с другой стороны, обеспечивает хорошую линейность второго каскада, так как параллельная отрицательная обратная связь эффективно действует при высоком выходном сопротивлении источника сигнала. Режим *T1* по постоянному току задается резистором *R2*. Катушка индуктивности *L2* замыкает по постоянному току цепь между затвором и истоком и обеспечивает подавление частот ниже 3 МГц. На частоте около 4 МГц *L2* имеет параллельный резонанс с емкостью $C1 = C_А + C_{вх}$. Малая высота резонансного пика получена благодаря применению ферритового сердечника с большими потерями на частоте резонанса. Катушка индуктивности *L1* обеспечивает подъем частотной характеристики в диапазоне 20—30 МГц и подавление более высоких частот.

На частоте около 30 МГц *L1* имеет последовательный резонанс с емкостью $C = \frac{C_А C_{вх}}{C_А + C_{вх}}$. Резонансный пик сглаживается резистором *R1*.

Со стока *T1* сигнал поступает на базу *T2*. Усиленный сигнал выделяется на нагрузке *R5* и поступает через конденсатор *C5* на вход приемника. В качестве входа приемника используется точка его схемы, соединенная с гнездом внешней антенны разделительным конденсатором емкостью 5—10 пФ. При подключении активной антенны разделительный конденсатор удаляют.

Катушка индуктивности *L3* препятствует замыканию базы *T2* на землю по переменному току. Жесткая стабилизация рабочей точки *T2* при изменении окружающей температуры и питающего напряжения обеспечивается

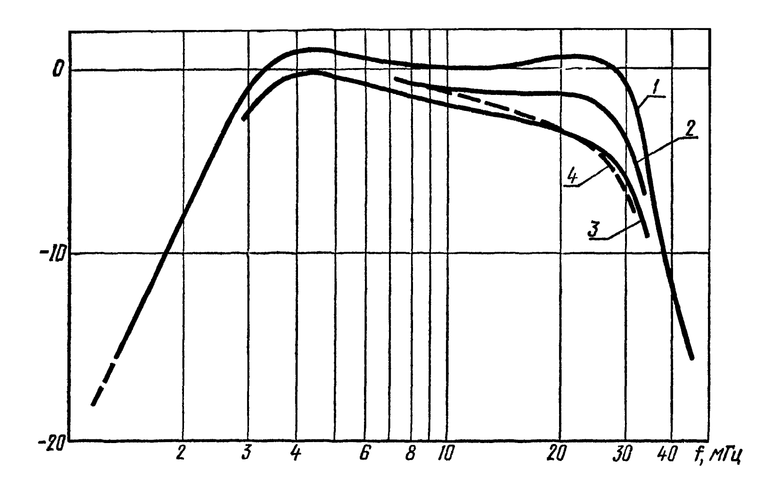


Рис. 3. Частотные характеристики усилителя антенны при различных напряжениях питания:
1 — 12 В, *2* — 6 В, *3* — 4 В, *4* — 6 В без цепочки *L1R1*

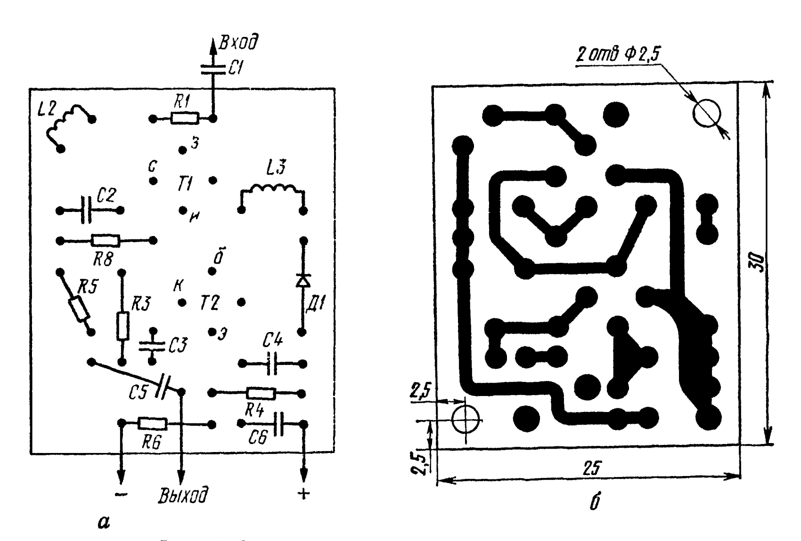


Рис. 4. Монтажная плата усилителя антенны:
а — размещение деталей на плате; *б* — конфигурация печатных проводников

диодом *Д1* и цепочкой *R4C4*. Звено *R6C6* в цепи питания ослабляет высокочастотные наводки.

Усиление по напряжению от затвора *T1* к коллектору *T2* слабо зависит от температуры и напряжения питания и практически определяется произведением крутизны характеристики *T1* на сопротивление резистора *R3*.

На рис. 3 показаны частотные характеристики усилителя антенны при напряжении питания 4, 6 и 12 В. Наибольшее изменение усиления (±1,5 дБ) происходит на высокочастотном конце диапазона. На том же рисунке показано влияние цепочки *L1R1* (сравни кривую *2* с пунктирной кривой).

Усилитель антенны смонтирован на печатной плате (рис. 4) из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Все резисторы типа ОМЛТ 0,125 Вт, конденсаторы типа КМ-6. Катушка *L1* намотана на резистор *R1* проводом ПЭВ-2 0,1 внавал и содержит 60 витков. Катушки *L2*, *L3* намотаны на сердечники К7 × 4 × 2 из феррита 2000 НН или 2000 НМ в один слой и содержат по 24 витка провода ПЭЛШО 0,12. Для снижения собственной емкости сердечник катушки *L2* желательно перед намоткой обмотать тонкой лакотканью. Обе катушки *L2*, *L3* лакируют клеем БФ-2 и после припайки выводов приклеивают к плате тем же клеем. Входной и выходной проводники схемы, а также проводники для подключения питающего напряжения, образованы выводами резисторов *R1* и *R6*, а также конденсаторов *C5* и *C6*. Для повышения надежности монтажа контактные площадки в местах припаивания этих выводов желательно усилить пустотелыми заклепками.

В качестве сердечников катушек *L2*, *L3* могут быть использованы широко распространенные сердечники К7 × 4 × 2 из феррита 600 НН. В этом случае катушки *L2*, *L3* должны быть намотаны в один слой проводом ПЭЛШО 0,08 и содержать по 40—60 витков. Поскольку феррит 600 НН имеет на частоте 3—4 МГц меньшие потери чем феррит с проницаемостью 2000, высота резонансного пика увеличивается на 6—8 дБ. Диод *Д1* типа КД503 может быть заменен любым кремниевым диодом подходящего размера (Д219, Д220, КД508, КД512 и т. п.). Возможна замена транзистора ГТ313 другими высокочастотными германиевыми транзисторами структуры *p-n-p* с более низкой граничной частотой.

При этом предпочтение следует отдавать транзисторам с высоким β. Необходимо иметь в виду, что при этом будет снижаться верхняя граница рабочего диапазона частот.

В смонтированную и проверенную монтажную плату вставляют со стороны монтажа и развальцовывают резьбовые втулки *1* (рис. 5). Платы устанавливают в экран *2* и закрепляют с обратной стороны двумя винтами. Экран крепится на изоляционной втулке телескопической антенны вблизи ее верхнего конца входным выводом кверху при помощи пружинящего хомутика *3*, приклепанного к боковой стенке экрана. От контактного лепестка телескопической антенны отпаивают проводник, идущий к схеме приемника, и между лепестком и входным выводом усилителя антенны впаивают конденсатор *C1*. Плюсовый провод питания антенны соединяют с заземляющей шиной приемника вблизи его входных цепей, а минусовый провод присоединяют к точке схемы, в которой напряжение питания достаточно хорошо отфильтровано от низкочастотных наводок.

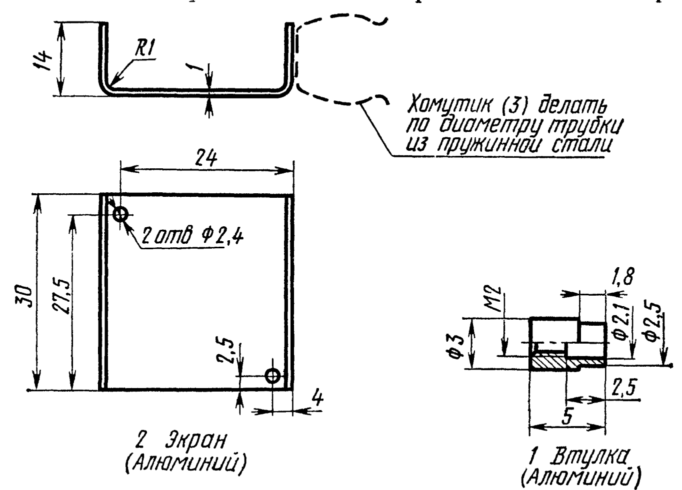


Рис. 5. Эскизы деталей

Правильно собранная антенна налаживания не требует.

Литература

1. Активные антенны — «Радио», № 1, 1975.

ЗАЩИТА ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

С. Назаров

Условия работы, отличающиеся от рекомендованных (короткие замыкания и перегрузки), неблагоприятно сказываются на эксплуатации аккумуляторных батарей, снижают их долговечность и уменьшают емкость. Это же относится и к другим источникам питания. Широко распространенные пассивные способы защиты мало эффективны вследствие своей инерционности (например, плавкие предохранители). Поэтому наиболее эффективными являются электронные схемы защиты.

Предлагаемое ниже устройство позволяет обеспечить надежную защиту аккумулятора, выпрямителя или стабилизатора от перегрузки по току или от короткого замыкания в нагрузке. Система защиты получает питание

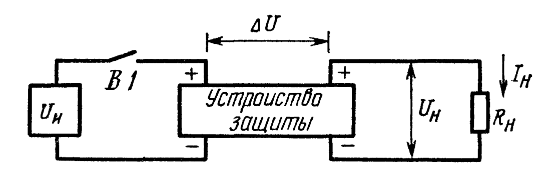


Рис. 1. Схема включения устройства защиты

от защищаемого источника. Включение устройства производится непосредственно между защищаемым источником и нагрузкой, как это показано на рис. 1.

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 2. При включении ключа *B1* (см. рис. 1) конденсатор *C1* (рис. 2) подключается к защищаемому источнику и начинается его заряд. Ток заряда проходит по цепи: плюс источника, конденсатор *C1*, резистор *R1*, потенциометр *R2*. Далее ток разветвляется. Часть его проходит через потенциометр *R2* и резистор *R3* на минусовый вывод источника, другая часть — через стабилитрон *Д1* и шунтированный резистором *R4* переход база —

эмиттер транзистора *T2* и также на минус защищаемого источника. Если значения сопротивлений резисторов выбраны, как это указано ниже, то под действием части зарядного тока конденсатора *C1* транзистор *T2* открывается и входит в режим насыщения. Это приводит к

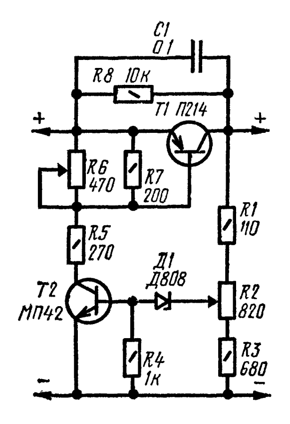


Рис. 2. Принципиальная схема устройства защиты

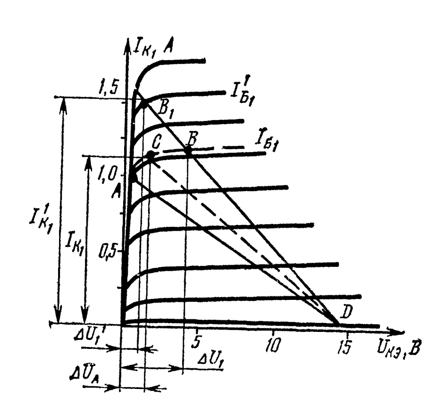


Рис. 3. Вольтамперная характеристика транзисторов

быстрому открыванию отключающего транзистора *T1*, который также входит в режим насыщения под действием части коллекторного тока транзистора *T2*, протекающего по резистору *R5* и переходу база — эмиттер транзистора *T1*. Рабочая точка транзистора *T1* в этом случае определяется точкой *A* (рис. 3) в соответствии с нагрузочной прямой, соответствующей сопротивлению $R_н$. После того как откроется транзистор *T1*, на выходе устройства защиты (на нагрузке) устанавливается напряжение:

$$U_н = U_и - \Delta U \qquad \text{(см. рис. 1)},$$

где $\Delta U = U_{кэн}$ — остаточное напряжение транзистора *T1* в режиме насыщения.

Открытый транзистор *T1* шунтирует конденсатор *C1*, и заряд его прекращается. В режиме нормальной эксплуатации оба транзистора устройства защиты находятся в режиме насыщения.

При возникновении перегрузки или короткого замыкания в нагрузке рабочая точка транзистора *T1* перемещается по кривой, соответствующей выбранной величине базового тока $I_{б1}$ (так как он остается неизменным) до пересечения с нагрузочной прямой согласно новому значению сопротивления нагрузки (точка *B* на рис. 3). Падение напряжения на переходе эмиттер-коллектор отключающего транзистора возрастает до величины ΔU_1. Ясно, что это приведет к уменьшению напряжения на нагрузке. При уменьшении $U_н$ до некоторого значения $U_и - U_{д1}$ включается стабилитрон *Д1*, в результате чего запирается транзистор *T2*. Если параметры устройства защиты выбраны правильно, то рабочая точка транзистора *T1* перемещается только до точки *C* (см. рис. 3), после чего стабилитрон *Д1* выключается, а транзисторы *T1* и *T2* запираются. Рабочая точка транзистора *T1* перемещается в точку *D*, а через транзистор протекает остаточный ток величиной $I_{кэо}$ (при $I_{б1} \approx 0$). Строго говоря, траектория перемещения из точки *C* в точку *D* во многом определяется частотными свойствами транзисторов *T1* и *T2* и не является прямой, как показано на рис. 3.

При закрытом транзисторе *T1* происходит заряд емкости *C1* до напряжения, примерно равного $U_и$. Однако так как сопротивление нагрузки мало (или практически равно нулю при коротком замыкании), напряжение на выходе устройства защиты незначительно, поскольку оно определяется делителем, образованным закрытым транзистором *T1*, шунтированным резистором *R8*, сопротивлением нагрузки, шунтированным резисторами *R1, R2* и *R3*. Поэтому стабилитрон *Д1* не включается, и нагрузка остается отключенной от источника вплоть до устранения перегрузки.

Для приведения системы защиты в исходное состояние после устранения короткого замыкания или факторов, вызвавших перегрузку, необходимо кратковременно разомкнуть и вновь замкнуть ключ *B1*. При размыкании ключа система защиты обесточивается, а конденсатор *C1* разряжается через резистор *R8*. После замыкания ключа нагрузка вновь подключается к источнику, как это описано выше.

Эффективность срабатывания системы защиты зависит от выбранной степени насыщения транзистора *T1*.

Если во включенном состоянии транзистора сила тока базы выбрана с запасом, например, со значением $I^1_{б1}$ (см. рис. 3), то при возникновении перегрузки рабочая точка транзистора будет перемещаться в точку B_1. Падение напряжения на транзисторе *T1* ΔU и в этом случае будет значительно меньшим, чем в том случае, когда насыщение невелико (точка B). Кроме того, как видно из рис. 3, до срабатывания защиты сила тока в нагрузке увеличится значительно больше, чем в случае меньшей степени насыщения *T1*. Наконец, следует иметь в виду, что в случае большого насыщения *T1* стабилитрон *Д1* может не закрыться при допустимых значениях тока перегрузки. Таким образом, эффективная работа системы защиты предполагает в режиме номинального тока нагрузки выбор степени насыщения транзистора близкой к единице, т. е. $S_1 = \frac{I_{б1}}{I_{б1н}} = 1,1 \div 1,3$. Зная максимальную величину силы тока нагрузки $I_н$, легко определить $I_{б1}$ по формуле:

$$I_{б1} = \frac{I_н}{\beta_1} \cdot S_1 = \frac{I_н}{\beta_1} (1,1 \div 1,3).$$

Система защиты может срабатывать при различной силе тока нагрузки, что определяется величиной сопротивления резистора *R6*. Сопротивление резистора *R5* выбирается с учетом максимального значения $I_н$ по формуле:

$$R5 \approx \frac{U_и - 0,5}{I_{б1н} \cdot S_1} = \frac{(U_и - 0,5)\,\beta_1}{I_н\,(1,1 \div 1,3)}.$$

Резистор *R1* облегчает режим транзистора *T1* в состоянии отсечки.

Устройство, схема которого приведена на рис. 2, обеспечивает защиту источников с напряжением $U_и$ от 8 до 15 В при максимальной силе тока нагрузки до 1,0 А. Значения коэффициентов усиления транзисторов должны быть в пределах: *T1* — 40 ÷ 50, *T2* — 60 ÷ 100.

ГЕНЕРАТОРЫ — ИМИТАТОРЫ ЗВУКОВ

Ю. Федоров

Многие радиолюбители увлекаются изготовлением различных электронных игрушек, а также электронных звуковых сигнализаторов, имитирующих голоса птиц и животных. Здесь приводятся описания нескольких схем электронных генераторов, подходящих для этих целей. С помощью электроники можно заставить мяукать плюшевого котенка или петь игрушечного соловья, куковать кукушку на стенных часах, установить гудок-сирену на модель автомобиля.

Генератор «мяу» для игрушечного котенка состоит из двух генераторов на транзисторах, один из которых работает на частоте 0,2—0,5 Гц, второй —700—900 Гц. Генераторы соединены между собой *RC* цепочкой. Первый, низкочастотный генератор, собран по схеме мультивибратора, второй является *RC* генератором. Принципиальная схема устройства изображена на рис. 1. После включения питания («Крона ВЦ», две батареи 3336Л) выключателем *В* первый генератор (транзисторы *T1*, *T2*) начинает вырабатывать прямоугольные импульсы. Эти импульсы попадают на цепочку *R5C3*, постоянная времени которой во многом определяет характер звучания игрушки. В момент начала первого импульса первого генератора второй генератор не работает, так как транзистор *T3* закрыт. По мере заряда конденсатора *C3* растет напряжение на базе *T3* и, начиная с некоторого момента, он открывается и второй генератор начинает работать на частоте, близкой к 800 Гц. Амплитуда колебаний второго генератора растет по мере достижения напряжением на конденсаторе *C3* величины, равной амплитуде прямоугольного импульса, выдаваемого первым генератором. Таким образом, второй генератор будет выдавать изменяющееся по амплитуде синусоидальное напряжение до тех пор, пока напряжение на конденсаторе *C3* будет достаточным для поддержания в открытом состоянии транзистора *T3*. Частота первого генератора выбрана так, что за время одного импульса

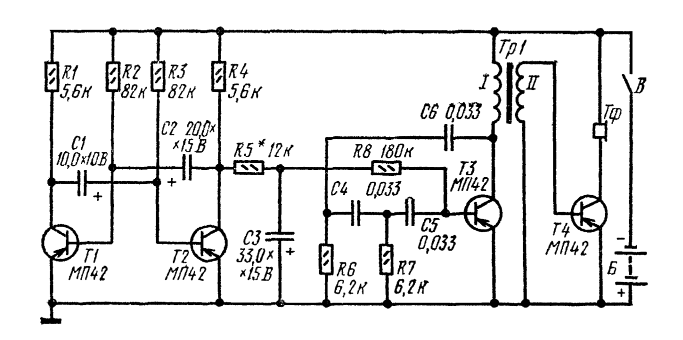


Рис. 1. Принципиальная схема генератора «мяу»

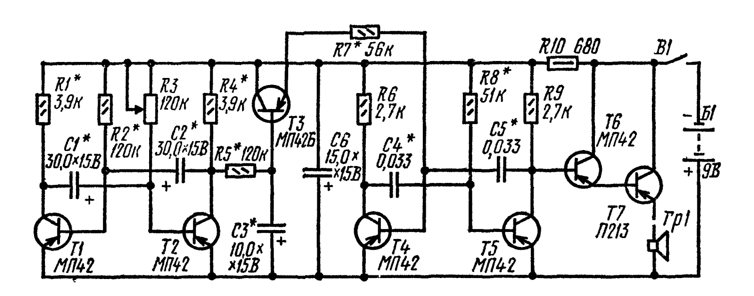


Рис. 2. Принципиальная схема электронной сирены

конденсатор *С3* успевает полностью разрядиться, и поэтому генератор на транзисторе *Т3* работает в импульсном режиме — он выдает импульсы, заполненные частотой 600—900 Гц, с частотой следования, синхронной частоте первого генератора (0,2—0,5 Гц). Если в коллекторную цепь второго генератора включить громкоговоритель или головные телефоны через усилитель, собранный на транзисторе *Т4*, то можно будет услышать звуки, напоминающие мяукание кошки.

Генератор «мяу» можно монтировать на плате из любого изоляционного материала. Габариты платы зависят от размеров использованных деталей и величины игрушки, внутри которой она должна быть размещена.

Транзисторы — низкочастотные, со статическим ко-

эффициентом передачи тока не менее 30, транзисторы *Т1* и *Т2* должны иметь возможно близкие $B_{ст}$ и $I_{ко}$.

Все остальные детали следует выбирать малогабаритными — резисторы УЛМ, конденсаторы МБМ и К-56. Трансформатор *Тр1* — переходной трансформатор от малогабаритного радиоприемника. Сердечник трансформатора набран из пластин Ш3—Ш4, толщина набора 4—6 мм. Первичная обмотка содержит 2 × 400 витков провода ПЭВ-2 0,09, вторичная — 100 витков провода ПЭВ 0,2.

Правильно собранный генератор «мяу» начнет работать сразу после включения питания, однако звук по своему характеру может значительно отличаться от желаемого. Изменяя номинал резистора *R5*, подбирают требуемый звук «мяу», паузу между отдельными звуками устанавливают изменением емкости конденсаторов *С1* и *С2*. Тембр звучания определяется номиналами резисторов *R5* и *R8*. На высоту тона звучания влияет емкость конденсаторов *С4* и *С5*.

Следует заметить, что при подборе желаемой частоты и тона звучания номиналы деталей, указанные на схеме, могут быть изменены очень значительно.

Генератор «сирена» по принципу действия и схеме мало чем отличается от генератора «мяу». Устройство содержит источник медленных (0,2—0,3 Гц) колебаний, смеситель, генератор быстрых (800—1000 Гц) колебаний и усилитель низкой частоты. Первый генератор служит для управления вторым, генерирующим колебания с переменной частотой (звук сирены).

Принципиальная схема электронной сирены изображена на рис. 2. На транзисторах *Т1* и *Т2* по схеме мультивибратора собран генератор медленных импульсов. Управляющим элементом служит транзистор *Т3* вместе с цепочкой *R5C3*. Такое смесительное устройство обеспечивает плавное нарастание высоты и силы звука, получаемого от второго генератора, что делает его похожим на звучание сирены. Второй генератор собран также по схеме мультивибратора на транзисторах *Т4*, *Т5*. Усилитель низкой частоты выполнен на транзисторах *Т6*, *Т7*, включенных по схеме составного транзистора.

Составной эмиттерный повторитель в усилителе НЧ обеспечивает необходимое усиление по току и, что самое

главное, позволяет обойтись без выходного трансформатора, хорошо согласуя выходное сопротивление оконечного усилителя с сопротивлением нагрузки. В качестве нагрузки в этом усилителе можно использовать любой громкоговоритель, рассчитанный на выходную мощность от 0,2 до 4 Вт и имеющий сопротивление звуковой катушки от 6 до 20 Ом.

При работе первого генератора медленные импульсы периодически заряжают конденсатор *С3* через резистор *R5*. По мере заряда этого конденсатора изменяется напряжение на базе транзистора *Т3*, а вместе с этим изменяется и его внутреннее сопротивление, а следовательно, и падение напряжения на нем. Напряжение смещения на базу транзистора *Т4* поступает через резистор *R7* и регулирующий транзистор *Т3*. При изменении сопротивления эмиттерного перехода транзистора *Т3* изменяется напряжение смещения на базе *Т4*, который входит в состав мультивибратора, генерирующего «быстрые» колебания. Это приводит к изменению частоты и длительности импульсов второго генератора. Периодически, с частотой импульсов первого генератора, повторяющийся заряд и разряд конденсатора *С3* вызывает плавное изменение частоты второго генератора, причем при заряде конденсатора частота возрастает, при разряде — уменьшается. Это и определяет характер звучания, напоминающий звук сирены.

Налаживание сирены начинают с того, что отсоединяют резистор *R5* от базы *Т3* и, изменяя сопротивление потенциометра *R3* и подбирая емкости конденсаторов *С1* и *С2*, добиваются частоты генерации первого мультивибратора, равной 0,4 Гц. Эту частоту можно проверить, прослушав импульсы на головные телефоны, подключенные параллельно резистору *R4*.

Для налаживания частоты основного тона сирены отсоединяют проводник от эмиттера *Т3* и подключают его к общему минусовому проводу источника питания. Второй генератор включают вместе с усилителем. В громкоговорителе при этом должен быть слышен громкий чистый звук с частотой около 1000 Гц. Восстановив все соединения в соответствии с принципиальной схемой и подбирая номиналы деталей, отмеченных на схеме звездочкой, добиваются желаемого характера звучания сирены.

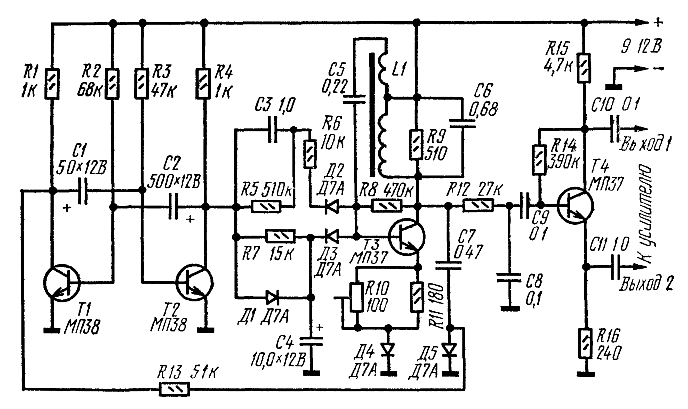


Рис. 3 Принципиальная схема электронной «кукушки»

Генератор «ку-ку» сходен с двумя генераторами, о которых шла речь выше. Принципиальная схема электронной «кукушки» изображена на рис. 3. В основу схемы также положен принцип взаимодействия двух источников электрических колебаний — медленного и быстрого. Первый генератор представляет собой мультивибратор на транзисторах *Т1* и *Т2*. Второй генератор выполнен на транзисторе *Т3* по схеме с индуктивной обратной связью. Усилитель низкой частоты собран на транзисторе *Т4*. Роль управляющего элемента играет цепочка *R5—R7C3C4Д1—Д3*.

Транзисторы *Т1* и *Т2* попеременно открываются и закрываются. Когда открыт транзистор *Т1*, диод *Д5* закрыт напряжением, поступающим на него через резистор *R13* с транзистора *Т1*. Это напряжение подается хотя и в прямой полярности, но по величине недостаточно для открывания диода *Д5*. Второй генератор при этом работает, частота сигнала на выходе определяется индуктивностью части катушки *L1* и емкостью конденсатора *С6*. Длительность первого звука «ку-ку» обусловлена временем, в течение которого открыт транзистор *Т1*, что в свою очередь зависит от емкости конденсатора *С1* и сопротивлений резисторов *R1* и *R3*.

Когда транзистор *Т1* закроется и откроется *Т2*, на диод *Д5* поступит почти полное напряжение питания в прямой полярности. Диод откроется и подключит конденсатор *С7* параллельно контуру *L1C6*. Частота коле-

баний второго генератора станет ниже, что будет соответствовать второму звуку голоса «кукушки». Продолжительность второго звука будет пропорциональна емкости конденсатора *С2* и сопротивлению резисторов *R2* и *R4*.

Пауза между каждым звуком «ку-ку» больше, чем между отдельными звуками, и определяется цепочкой *R7С4Д1Д3*. Во время первого звука, когда *Т2* закрыт, конденсатор *С4* быстро заряжается через резистор *R4* и диод *Д1* до напряжения источника питания. Диод *Д3* при этом закрыт, и второй генератор работает. Когда же транзистор *Т2* откроется, конденсатор *С4* будет разряжаться через резистор *R7* и открытый транзистор *Т2*. Одновременно открывается диод *Д3* и база транзистора *Т3* оказывается подключенной через конденсатор *С4* к общему проводу, второй генератор прекратит работу до изменения состояния мультивибратора.

Цепочка *R5С3R6Д2* служит для придания звукам большей схожести с голосом настоящей кукушки, а диод *Д4* улучшает условия работы второго генератора. Через фильтр нижних частот *R12С8* сигналы с генератора поступают на усилитель НЧ и затем на выходы устройства. Выход *1* предназначен для подключения к усилителю с входным сопротивлением не менее 50 кОм, а выход *2* рассчитан на подключение к усилителю с небольшим входным сопротивлением. Транзисторы следует выбирать со статическим коэффициентом передачи по току 60—80 и их можно заменить на МП111. Трансформатор *Тр1* — любой выходной трансформатор от транзисторных приемников («Спорт-2», «Сокол-4», «Нарочь» и пр.). Обмотка с бо́льшим числом витков — контурная, с меньшим — обмотка обратной связи. Они соединяются последовательно. Свободный конец вторичной обмотки соединяется с конденсатором *С5*.

Электронный «соловей» по своей схеме несколько сложнее, чем предыдущие имитаторы звуков, однако изготовление его довольно просто, так как он состоит из одинаковых элементов. Основу схемы «соловья» (рис. 4) составляют семь мультивибраторов, с помощью которых получают необходимые частоты. Всю схему можно условно разделить на три части: два генератора с усилителями (транзисторы *Т1—Т8* и *Т12—Т19*) и электронный переключатель (*Т9—Т11*).

Разберем более подробно, как работает такой «соло-

вей». Мультивибратор на транзисторах *Т6, Т7* генерирует тональный сигнал частотой 2000 Гц. Усиленный транзистором *Т8* сигнал этой частоты создает основной тон звучания. Управляющий мультивибратор на транзисторах *Т4, Т5* периодически выключает первый мультивибратор. Происходит это следующим образом. При работе второго мультивибратора транзисторы *Т4*, *Т5* по-

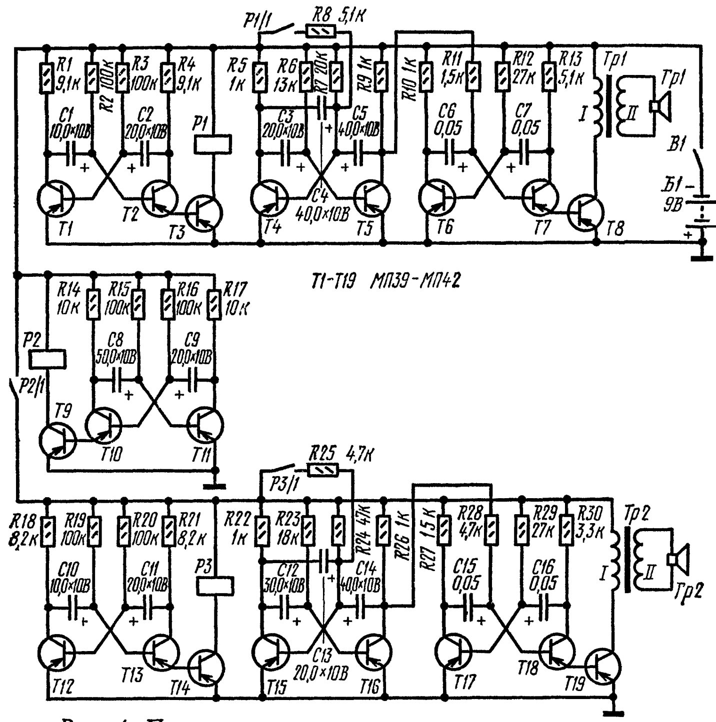


Рис. 4. Принципиальная схема электронного «соловья»

переменно находятся то в открытом, то в закрытом состоянии. Когда транзистор *Т5* закрыт, сопротивление участка его коллектор — эмиттер большое, верхний конец резистора *R11* через резистор *R8* соединен с минусовым проводом источника питания. Мультивибратор на транзисторах *Т6, Т7* работает, и мы слышим звук одного тона.

Когда открывается транзистор *Т5*, резистор *R11* оказывается замкнутым через этот транзистор на общий

плюсовой провод, и мультивибратор на транзисторах *Т6*, *Т7* прекращает свою работу. Звук периодически прерывается. Работой второго мультивибратора управляет третий, собранный на транзисторах *Т1* и *Т2* с усилителем тока на транзисторе *Т3*. Нагрузкой этого усилителя является обмотка реле *Р1*. Частота переключений транзисторов этого мультивибратора выбрана такой, что она не совпадает с частотой срабатываний второго мультивибратора. Когда транзистор *Т2* открывается, открывается и транзистор *Т3*, реле срабатывает и своими контактами *Р1/1* параллельно резистору *R7* подключает резистор *R8*. В результате изменяется общее сопротивление в базовой цепи транзистора *Т4*, а следовательно, и частота переключений транзисторов второго мультивибратора. Создается как бы два режима переключения первого мультивибратора на транзисторах *Т6* и *Т7*, и характер звучания напоминает часть соловьиной трели.

Второй генератор (транзисторы *Т12—Т19*) работает точно так же, но с несколько иными частотами, чем первый. Кроме того, работа второго генератора периодически прерывается с частотой работы мультивибратора на транзисторах *Т10*, *Т11*. Этот мультивибратор через усилитель тока на транзисторе *Т9* заставляет срабатывать реле *Р2*, которое своими контактами *Р2/1* отключает через каждые 5—6 с питание второго генератора. Во время переключений плюсового провода питания в громкоговорителе *Гр2* слышатся щелки, характерные для соловьиной трели.

В описываемых генераторах можно использовать любые низкочастотные транзисторы с коэффициентом передачи тока больше 15. Электромагнитные реле РЭС-10 (паспорт РС4. 524. 303), трансформаторы можно использовать от любого транзисторного малогабаритного приемника. Это выходные трансформаторы с сердечником из Ш-образных пластин Ш4, толщины набора 8 мм. Первичная обмотка содержит 350 витков провода ПЭВ-2 0,08, вторичная — 80 витков провода ПЭВ-2 0,1.

Литература

«Радио», № 3, 1972.
«Радио», № 2, 1974.
Сборник «Радио — радиолюбителям». «Энергия», МРБ, вып. 850, 1974.

ПЕРЕГОВОРНЫЙ АВТОМАТ

Н. Дробница

Автомат позволяет вести переговоры с человеком, подошедшим к входной двери, и, при необходимости, открыть ее непосредственно из комнаты. В отсутствие хозяина информация, сообщенная пришедшим, записывается с помощью данного автомата на транзисторный магнитофон. Автомат питается от сети переменного тока, в дежурном режиме энергии не потребляет.

Принципиальная электрическая схема автомата показана на рис. 1. Он состоит из двух электронных реле времени (транзисторы *Т1—Т3*), усилителя НЧ (транзисторы *Т4—Т10),* реле коммутации усилителя *Р1,* электромагнита замка *Эм1,* светового табло (лампы *Л1—Л4),* кнопок управления *Кн1—Кн4* и блока питания. Работа автомата начинается с момента нажатия на кнопку вызова *Кн2,* установленную у входной двери. При этом напряжение сети подается на трансформатор *Тр1* и лампу *Л5,* которая сигнализирует о включении автомата. Напряжение со вторичной обмотки трансформатора выпрямляется диодами *Д1—Д4* и подается на заряд конденсаторов *С1—С3, С5.* Ток заряда конденсатора *С2* открывает транзистор *Т1*, реле *Р2* срабатывает на время, зависящее от сопротивления его обмотки, коэффициента передачи тока транзистора *Т1* и величины емкости конденсатора *С2.*

При использовании указанных на схеме номиналов радиодеталей время, в течение которого реле *Р2* остается во включенном состоянии, составляет 1,5 с. Сработав, реле *Р2* своими контактами *Р2/1* замыкает цепь заряда конденсатора *С4.* Этот конденсатор заряжается через диод *Д8* до напряжения источника питания. Контакты *Р2/3* подключают динамическую головку *Гр1* к выходу усилителя. Контакты *Р2/2* подключают цепь положительной обратной связи (конденсатор *С14)* к выходу усилителя, что приводит его к самовозбуждению на частоте 1400 Гц. Эта частота обусловлена величиной

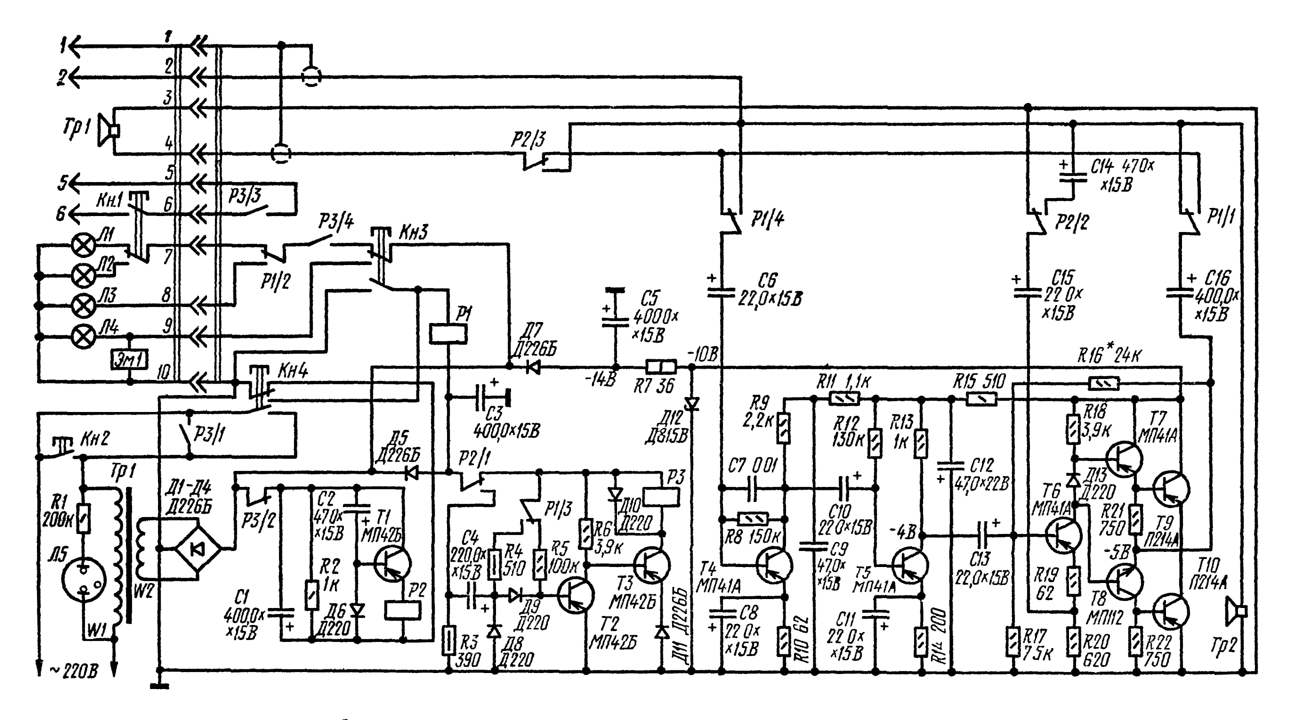


Рис. 1 Принципиальная схема переговорного устройства

емкости конденсатора *С14*. Динамические головки *Гр1* и *Гр2* воспроизводят звук с этои частотой, сообщая пришедшему и находящемуся в комнате о подаче вызова.

Реле *Р2* отключается после заряда конденсатора *С2* или при отпускании кнопки *Кн2* до истечения времени заряда. После отключения реле *Р2* цепь положительной обратной связи усилителя разрывается, и сигнал вызова прекращается. Контакты *Р2/3* подключают динамическую головку *Гр1* ко входу усилителя, контакты *Р2/1* разрывают цепь заряда конденсатора *С4* и подключают напряжение источника к цепи питания второго электронного реле времени, выполненного на транзисторах *Т2*, *Т3*. Затем конденсатор *С4* начинает разряжаться, на базу транзистора *Т2* подается положительное напряжение по отношению к его эмиттеру, и он находится в закрытом состоянии. Транзистор *Т3* открывается базовым током, проходящим через резистор *R6*, и включается реле *Р3* на время, которое зависит в основном от сопротивления резистора *R5* и величины емкости конденсатора *С4*. При указанных на схеме номиналах радиодеталей это время составляет 12 с. Контакты *Р3/1* включившегося реле блокируют кнопку *Кн2*, контакты *Р3/2* разрывают цепь питания первого электронного реле времени. После этого конденсатор *С1* разряжается через резистор *R2*. Для создания цепи разряда конденсатора *С2* через резистор *R2* служит диод *Д6*.

Если в квартире никого нет, дверь закрывается на задвижку замка, которая нажимает на кнопку *Кн1*, установленную на планке задвижки замка. Если кто-либо находится в квартире, дверь закрывается на защелку, и кнопка *Кн1* отпущена. В этих случаях напряжение источника питания через контакты кнопки *Кн3*, контакты реле *Р3/4*, *Р1/2* подается либо на лампу *Л1* — «Говорите — запись», либо на лампу *Л2* «Говорите — слушаю» соответственно.

На вход усилителя при выключенном реле *Р1* подключена динамическая головка *Гр1*, на выход — *Гр2*. Слова, произносимые пришедшим у входа, передаются в комнату. При необходимости дать ответ находящийся в комнате нажимает на кнопку *Кн4*. При этом, независимо от положения кнопки *Кн2* и реле *Р3*, подается питание на трансформатор через контакты кнопки *Кн4*,

разрывается цепь питания реле *Р2* и включается реле *Р1*. Контакты *Р1/2* разрывают цепь питания лампы *Л1* и подают напряжение на лампу *Л3* — «Слушайте». Контакты *Р1/1* и *Р1/4* подключают динамическую головку *Гр1* на выход усилителя, *Гр2* — на вход.

Открыть дверь можно при включенном автомате, нажав на кнопку *Кн3*, контакты которой разрывают цепь питания ламп *Л1—Л3* и включают лампу *Л4* «Входите», одновременно через эти контакты подается напряжение на электромагнит замка *Эм1* и реле *Р1*.

Для быстрого отключения светового табло после окончания обмена (после отпускания кнопок *Кн3* или *Кн4*) используются контакты *Р1/3*. При включении реле *Р1* конденсатор *С4* быстро разряжается через контакты *Р1/3* и резисторы *R3, R4*. Диод *Д8* не дает перезаряжаться конденсатору *С4*, а диод *Д9* препятствует прохождению базового тока транзистора *Т2*, поэтому он закрыт. Транзистор *Т3* при этом открыт и реле *Р3* включено. После отключения реле *Р1* транзистор *Т2* открывается, шунтируя ток базы транзистора *Т3*, который, в свою очередь, закрывается, отключая реле *Р3*. Диод *Д11* повышает надежность отключения реле. Для защиты транзистора *Т3* от перенапряжения в момент отключения реле *Р3* установлен диод *Д10*. Контакты *Р3/1* отключившегося реле разорвут цепь питания трансформатора, и автомат перейдет в дежурный режим. Для предотвращения подачи напряжения на первое электронное реле времени с конденсатора *С3* после отключения реле *Р3*, приводящего к ложному срабатыванию реле *Р2*, установлен диод *Д5*.

Усилитель низкой частоты пятикаскадный, с бестрансформаторным выходом. В целях устранения фона переменного тока от питающего напряжения первые два каскада усилителя питаются пониженным напряжением через развязывающие фильтры *R15C12* и *R11C9*. Частотная характеристика усилителя имеет завал на высоких частотах за счет отрицательной обратной связи по напряжению в первом каскаде, подаваемой через конденсатор *С7*. Чувствительность усилителя 5 мВ, выходная мощность 1,5 Вт. Усилитель питается от стабилизированного напряжения, снимаемого со стабилитрона *Д12*. Включение диода *Д7* в цепь питания усилителя уменьшает пульсацию тока.

Чтобы записать сообщение пришедшего в отсутствии хозяина, необходимо подключить к автомату транзисторный магнитофон. Вход магнитофона подключается к выходным проводам автомата *1—2*, цепь питания — к *5—6*, кнопка *Кн1* при этом должна быть нажата задвиж-

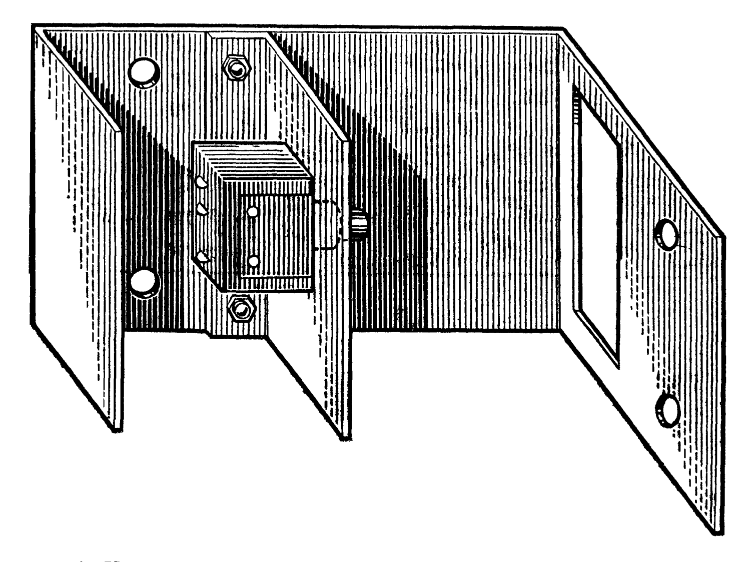


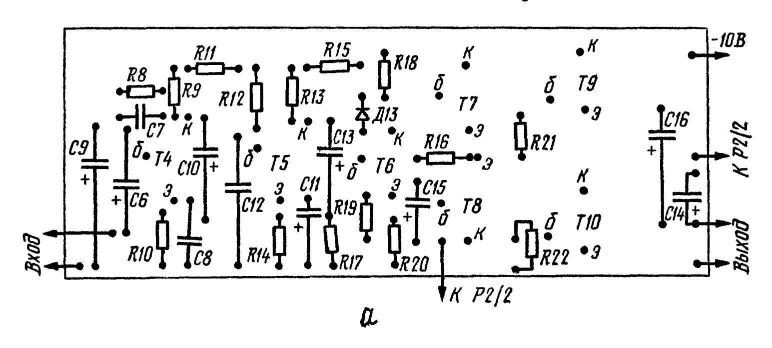
Рис. 2. Установка переключателя *В1* на планке дверного замка

кой закрытого замка (рис. 2). Магнитофон следует оставить в режиме записи.

Световое табло устанавливают у входной двери. Размеры светового табло с лампами *Л1—Л4* и кнопкой *Кн2* произвольны. Основание табло из фольгированного стеклотекстолита, на который припаивают скобы для установки лампочек и светозащитные пластинки. Надписи выполняют тушью на кальке, которую приклеивают на внутреннюю сторону стеклянной пластинки, предварительно покрытой тонким слоем белой краски. Динамическую головку *Гр1* закрепляют на входной двери со стороны квартиры. На месте установки динамической головки необходимо в двери просверлить несколько десятков отверстий диаметром 2,5—3 мм, которые со стороны коридора закрывают мелкой металлической сеткой. При небольшом расстоянии автомата от входной двери

динамическую головку *Гр1* следует закрыть футляром во избежание самовозбуждения усилителя из-за акустической обратной связи.

Возможная конструкция самодельного электромагнита замка *Эм1* и его соединение с дверным замком опи-



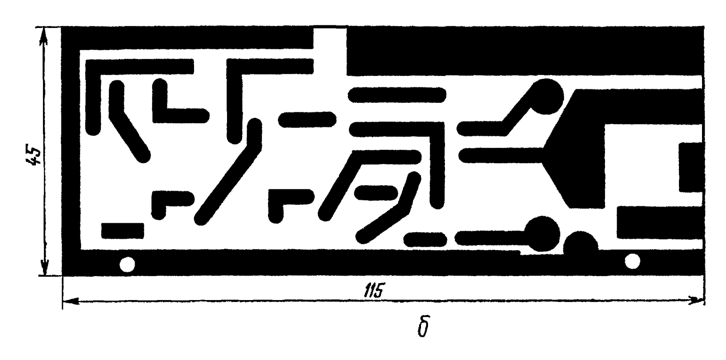


Рис. 3: *а* — размещение деталей на печатной плате усилителя НЧ; *б* — конфигурация печатного монтажа усилителя НЧ

саны в журнале «Радио» № 8, 1973 г., с. 33—34. Сопротивление катушки электромагнита замка должно быть 12—14 Ом.

Автомат смонтирован в корпусе радиотрансляционного комнатного громкоговорителя. Усилитель НЧ выполнен на печатной плате, чертеж которой показан на рис. 3 (*а*, *б*).

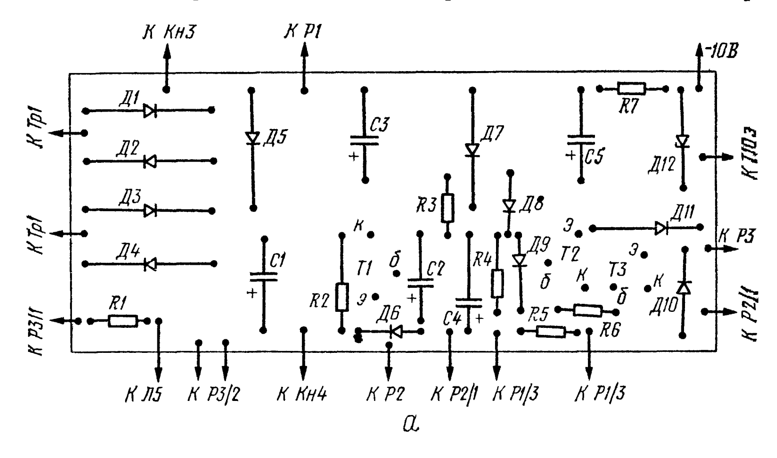
Чтобы избежать самовозбуждения, усилитель должен содержать нечетное число каскадов, при котором

возникает отрицательная обратная связь между входом и выходом усилителя, способствующая более устойчивой работе. Для устранения фона переменного тока провода питания усилителя не должны быть общими с другими цепями питания автомата. Первые два каскада нужно экранировать пластиной жести, припаяв ее на общий провод питания. Трансформатор *Тр1* размещают по возможности дальше от динамической головки *Гр1* или устанавливают между ними стальной экран с толщиной стенки 1—1,5 мм. Провода, идущие на вход усилителя и на динамические головки, должны быть экранированы. В автомате можно использовать динамические головки мощностью 0,5—1 Вт. Реле *Р1—Р3* типа РЭС-22, паспорт РФ4.500.129. Кнопки *Кн1, Кн3, Кн4* типа КМ-2-1, кнопка *Кн2* малогабаритная любого типа, рассчитанная на напряжение 220 В. Лампы *Л1—Л4* на напряжение 13,5 В или 6,3 В при последовательном включении двух ламп вместо одной. Лампа *Л5* типа Тн 0,3 или Тн 0,2. Разъем *Ш1* малогабаритный, любого типа, например РС-10. Транзисторы электронных реле времени со статическим коэффициентом передачи тока $B_{ст} = 30$. Транзисторы усилителя — с большими $B_{ст}$ и меньшими токами $I_{ко}$.

В автомате использованы малогабаритные конденсаторы К52-1, К53-1, К52-2 и КМ. В качестве диодов *Д1—Д4* допускается применять диоды *Д226* или *Д237* с любым буквенным обозначением. При токе электромагнита замка свыше 1 А необходимо использовать более мощные диоды, например КД202 с любым буквенным обозначением.

Детали блока питания и электронных реле времени установлены на печатной плате, показанной на рис. 4. Трансформатор питания для автомата должен иметь мощность не менее 15 Вт, вторичное напряжение 15 В при токе нагрузки 1 А. Для автомата пригоден стандартный накальный трансформатор Тн-2 127/220-50 М. Две вторичные обмотки следует соединить последовательно. Кроме того, для автомата можно использовать выходной трансформатор лампового приемника с площадью сечения магнитопровода не менее 5 см² и количеством витков первичной обмотки 2200—2500. Вторичную обмотку его необходимо перемотать проводом ПЭВ 0,8 на напряжение 15 В, а магнитопровод

перебрать в накладку. При отсутствии подобного трансформатора его можно изготовить самостоятельно. Сечение магнитопровода — 5 см², первичная обмотка содер-



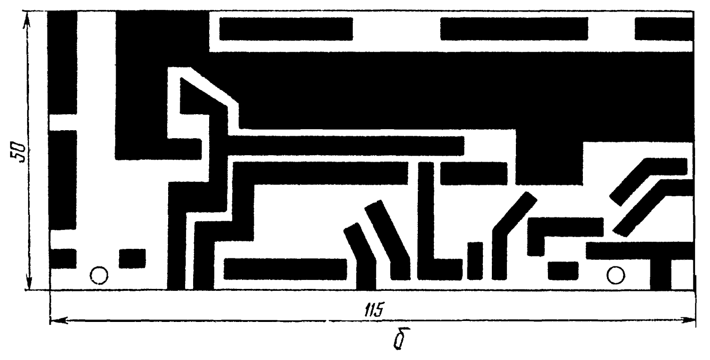


Рис. 4: а — размещение на печатной плате деталей блока питания и электронных реле времени, *б* — конфигурация печатного монтажа блока питания и электронных реле времени

жит 2200 витков провода ПЭВ 0,12, вторичная — 140 витков провода ПЭВ 0,8.

Настройку автомага начинают с проверки потребляемого тока от вторичной обмотки трансформатора. Этот ток не должен превышать 150 мА при отключенных лампах светового табло. Для этого в цепь вторичной

обмотки трансформатора включают амперметр переменного тока и нажимают на кнопку *Кн4*. После этого проверяют напряжение на конденсаторе *С3*. Оно должно быть 14—15 В. Затем проверяют падение напряжения на транзисторе *Т3*, которое не должно превышать 1,5 В (оно обусловлено величиной сопротивления резистора *R6*). При нажатии на кнопку *Кн2* должна загореться лампа *Л5* и включиться реле *Р2* на время 1—1,5 с. После отключения реле *Р2* должны включиться реле *Р3* и загореться лампа *Л1* *(Л2)* светового табло. Повторное нажатие на кнопку *Кн2* не должно изменять режима автомата. Пружину кнопки *Кн3*, которая нажимает на микропереключатели кнопки, следует подогнуть таким образом, чтобы сначала включался микропереключатель с замыкающимися контактами, а потом с перекидными. Этот режим включения автомата необходим для продолжения разговора с пришедшим без повторного нажатия на кнопку *Кн2*.

Сила тока покоя, потребляемого усилителем, не должна превышать 25 мА. Настройку усилителя начинают с проверки режимов транзисторов по постоянному току. Вход усилителя при этом замыкают накоротко. Режимы транзисторов *Т4* и *Т5* устанавливают резисторами *R8* и *R12*, а транзисторов *Т6—Т10* — резистором *R16*. Если усилитель при замкнутом входе возбуждается, необходимо увеличить сопротивление резисторов *R11* и *R15*. После установки режимов транзисторов проверяют чувствительность усилителя. Для этого на его вход подают сигнал от генератора НЧ с частотой 1000 Гц, амплитудой 4—5 мВ. На выход нагруженного усилителя подключают осциллограф. Выходной сигнал усилителя не должен искажаться. При повышении напряжения генератора выходной сигнал должен равномерно срезаться с верхней и нижней части синусоиды. Если этого не происходит, следует изменить режим транзисторов выходного каскада усилителя подбором сопротивления резистора *R16*.

БЕСКОНТАКТНОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С РЕГУЛЯТОРОМ ТОКА

Н. Дробница

Реле времени предназначено для автоматического отключения нагревательных и осветительных приборов от сети. Его удобно использовать также при работе с фотоувеличителем. Мощность отключаемых приборов не должна превышать 600 Вт. Устройство имеет два диапазона выдержек времени: 1—60 с и 1—60 мин. Погрешность в отсчете выдержек времени при небольших колебаниях окружающей температуры не превышает 5% от установленной величины. Предусмотрена возможность плавного регулирования силы тока в нагрузке в пределах от 10 до 98% от номинальной.

Отсутствие коммутирующих контактов в цепи нагрузки значительно повышает надежность и долговечность устройства. За счет отсутствия блока питания реле времени имеет небольшие габариты и массу.

Принципиальная схема реле времени с регулятором тока показана на рис. 1. В состав устройства входят

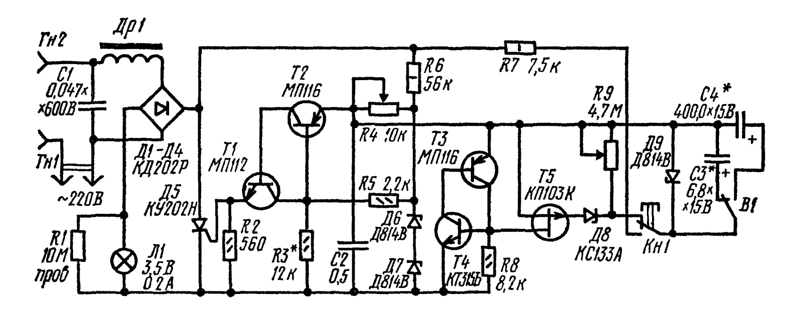


Рис. 1. Принципиальная схема устройства

сетевой фильтр, состоящий из дросселя *Др1* и конденсатора *С1*, выпрямительный диодный мост *Д1—Д4*, тринистор *Д5*, фазоимпульсный узел управления тринистром на транзисторах *Т1* и *Т2*, импульсный ключ на транзисторах *Т3, Т4* и времязадающий узел на транзисторе *Т5*.

При включении устройства в сеть напряжение питания на его элементы не поступает до тех пор, пока в

гнезда *Гн1* и *Гн2* не будет подсоединена нагрузка, после чего напряжение сети подается на нагрузку, а также на дроссель *Др1*, диоды *Д1—Д4* и тринистор *Д5*. Кроме того, это напряжение через резистор *R6* попадает на стабилитроны *Д6* и *Д7*. Напряжение, снимаемое со стабилитронов *Д6* и *Д7*, заряжает конденсатор *С2* и поступает на делитель *R5, R3*, определяющий рабочую точку транзистора *Т2*. В связи с тем, что конденсаторы *С3* и *С4* разряжены, транзистор *Т5* открыт. Ток стока транзистора *Т5*, проходя по цепи базы транзистора *Т4*, открывает транзисторы импульсного ключа *Т3* и *Т4*. Конденсатор *С2* при этом заряжаться не может, и транзисторы *Т1* и *Т2* будут закрыты. Импульсы тока на управляющий электрод тринистора не поступают, тринистор *Д5* закрыт, и ток через нагрузку не проходит. В таком состоянии устройство может находиться неограниченное время.

Требуемую выдержку устанавливают с помощью переключателя *В1* и резистора *R9*. При нажатии на кнопку *Кн1* выпрямленное напряжение сети через резистор *R7*, замкнутые контакты кнопки *Кн1* и транзисторы импульсного ключа *Т3, Т4* заряжают конденсатор *С3* (или *С4*) до напряжения стабилизации стабилитрона *Д9*. После отпускания кнопки *Кн1* заряженный конденсатор разряжается через резистор *R9*. При этом на затвор полевого транзистора *Т5* через стабилитрон *Д8* поступает положительное напряжение по отношению истока транзистора. Транзистор *Т5* и транзисторы импульсного ключа *Т3*, *Т4* закрываются. Стабилитрон *Д8* служит для уменьшения погрешности установленной выдержки.

После закрывания транзисторов импульсного ключа начинает работать фазоимпульсный узел управления тринистором. Конденсатор *С2* заряжается через резистор *R4* до напряжения, равного падению напряжения на резисторе *R3*. Транзисторы *Т1* и *Т2* до этого момента закрыты положительным напряжением, которое подается на базу транзистора *Т2* с делителя напряжения на резисторах *R5, R3*. При превышении напряжения на конденсаторе *С2* напряжения делителя начинает протекать ток по цепи базы транзистора *Т2*. Это приводит к скачкообразному открыванию транзисторов *Т2* и *Т1*. Конденсатор *С2* разряжается через эти транзисторы по

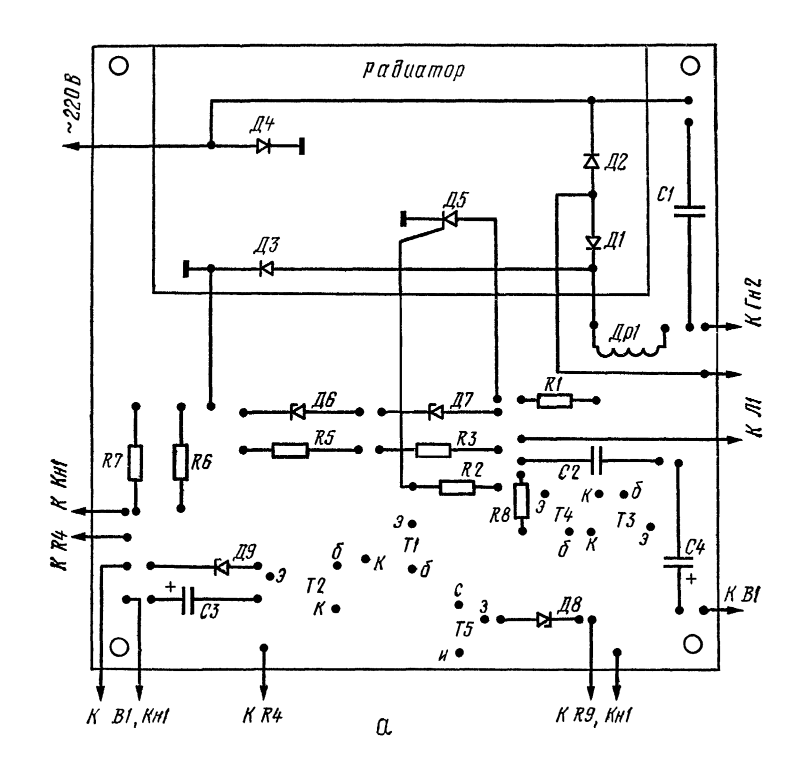
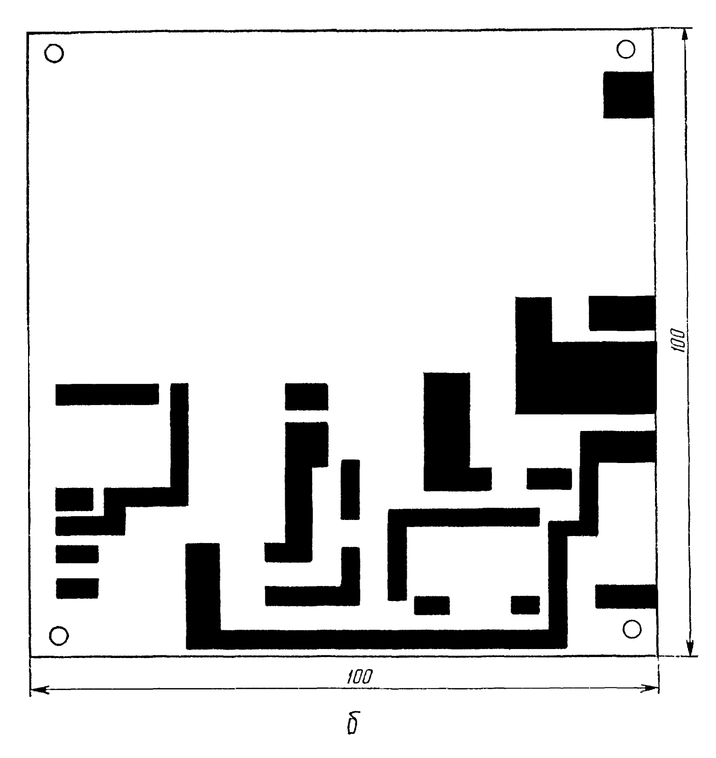


Рис. 2: *а* — размещение деталей на плате;

цепи управляющего электрода тринистора. Импульс тока разряда конденсатора открывает тринистор, замыкая цепь нагрузки до конца полупериода сетевого напряжения, и в это время течет ток через нагрузку. При уменьшении напряжения сети до нуля (в конце полупериода) тринистор закрывается. При каждом следующем полупериоде напряжения циклы повторяются. Фазу открывания тринистора (а соответственно, и ток в нагрузке) плавно регулируют переменным резистором *R4*. При минимальном сопротивлении резистора *R4* ток в нагрузке максимален. Для приблизительной оценки величины тока в нагрузке служит лампочка *Л1*, на которую подается напряжение с резистора *R1*, включенного последовательно в цепь нагрузки.



б — конфигурация печатного монтажа

После разряда времязадающего конденсатора *С3* *(С4)* до напряжения, равного сумме напряжения отсечки транзистора *Т5* и напряжения стабилизации стабилитрона *Д8*, транзистор *Т5* начинает открываться, это приводит к открыванию транзисторов импульсного ключа *Т3, Т4* и закрыванию тринистора *Д5*, что соответствует установке устройства в ждущий режим.

Элементы реле времени монтируют на печатной плате, изображенной на рис. 2, и помещают ее в пластмассовый корпус. Для охлаждения деталей в корпусе должны быть предусмотрены вентиляционные отверстия. Диоды *Д1—Д5* следует установить на небольшие радиаторы, позволяющие рассеивать мощность 2 Вт. Для охлаждения диодов *Д1—Д5* можно использовать один

радиатор, но при этом диоды *Д1* и *Д2* необходимо изолировать от радиатора с помощью термостойких (можно слюдяных) изоляционных прокладок. Общий радиатор должен рассеивать мощность 6—8 Вт. При подключении к реле времени нагрузки с потребляемой мощностью, не превышающей 200 Вт, радиаторы на диоды не требуются, и размеры устройства при этом значительно уменьшаются.

Для реле времени можно использовать диоды с рабочим напряжением более 400 В, например Д233 или Д247. Транзисторы пригодны кремниевые, маломощные, любого типа, соответствующей проводимости, рабочее напряжение которых не менее 20 В (для транзистора *Т5* рабочее напряжение достаточно 15 В). Стабилитроны можно использовать и других типов, параметры которых близки к указанным на схеме. Для изготовления резистора *R1* можно использовать резистор типа ВС-1, на который наматывают манганиновый провод диаметром 0,4 мм. Переменный резистор *R9* можно взять с меньшим сопротивлением, но для сохранения указанных выдержек при этом потребуется соответственно увеличить емкость конденсаторов *С3* и *С4*. Конденсатор фильтра *С1* выбирают на рабочее напряжение не менее 500 В. Для увеличения стабильности работы регулятора тока конденсатор *С2* должен быть неэлектролитический с малым ТКЕ, например бумажный.

Конденсаторы *С3* и *С4* желательно использовать с малыми токами утечки, например, типов К52-1, К52-2, К53-1.

Катушку дросселя *Др1* выполняют либо на ферритовом кольце с внешним диаметром 40—45 мм, либо на ферритовом стержне диаметром 8 мм и длиной 40—50 мм. При использовании ферритового кольца его необходимо разломить на две части и вставить между полукольцами прокладку толщиной 3—5 мм или прорезать в кольце тонким наждачным кругом зазор во избежание насыщения магнитопровода. Катушка дросселя содержит 150—200 витков провода ПЭВ 0,8. Переключатель *В1* и кнопка *Кн1* могут быть любого типа.

Настройку реле времени начинают с проверки правильности монтажа деталей на печатной плате. Включая устройство в сеть, следует помнить, что на его элементах присутствует высокое напряжение, опасное как

для человека, так и для большинства радиоэлементов. Первым настраивают фазоимпульсный узел управления тринистором, отключив импульсный ключ и времязадающий узел. В цепь питания устройства (последовательно с тринистором) включают амперметр переменного тока со шкалой 1 А, а в гнезда *Гн1* и *Гн2* — лампочку мощностью 150—200 Вт, рабочее напряжение которой 220 В. Резистор *R3* подбирают таким образом, чтобы при вращении движка резистора *R4* от упора до упора сила тока амперметра изменялась в пределах 10—98% от номинального тока лампочки. После налаживания фазоимпульсного узла подключают импульсный ключ и времязадающий узел и устанавливают резистор *R9* в положение максимального сопротивления. Переключателем *В1* подключают конденсатор *С3* и подбирают величину его емкости таким образом, чтобы выдержка времени составляла 60 с. Затем переключатель *В1* переводят в другое положение, подбирают конденсатор *С4*, при котором выдержка соответствует 60 мин, и калибруют шкалы резисторов *R4* и *R9*. Для калибровки шкалы резистора *R9* используют секундомер или часы с секундной стрелкой. При использовании конденсаторов *С3* и *С4* одного типа и на одинаковое рабочее напряжение секундная и минутная шкалы резистора *R9* будут иметь одинаковые деления.

ФОТОРЕЛЕ

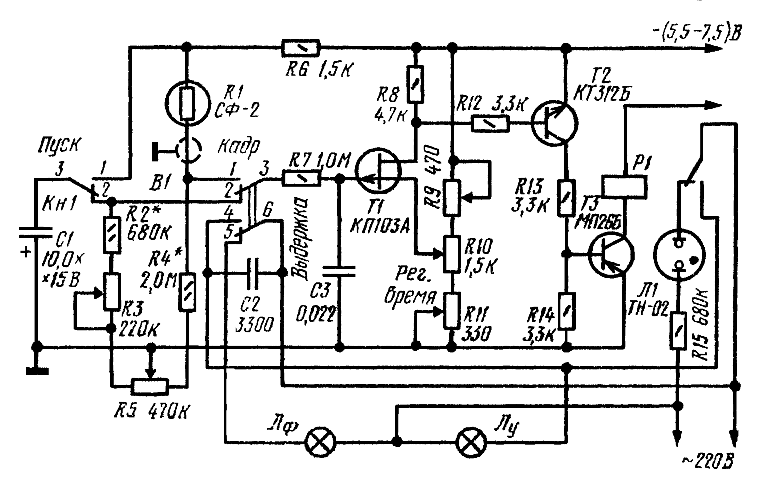
В. Харитонов

Фотореле предназначено для проекционной печати фотографий и позволяет сравнительно простыми средствами определять время экспонирования (режим *«Кадр»*) и производить автоматический отсчет выдержек времени (режим *«Выдержка»*) в пределах от 1 до 65 с.

В положении *«Кадр»* тумблера *В1* (рисунок) включают лампу увеличителя *Лу* в сеть (для наведения на резкость, выбора кадра и т. п.), фоторезистор *R1* (для определения времени экспонирования) и выключают лампу *Лф* красного света. При переводе тумблера *В1* в положение *«Выдержка»* включается лампа *Лф* фонаря

красного света, времязадающая цепь *R2R3R5C1* и кнопка управления *Кн1 «Пуск»* (для начала автоматического отсчета времени экспонирования).

Сопряжение режимов осуществляется с помощью потенциометра *R10*, которым задается время выдержки



Принципиальная схема фотореле

в режиме *«Кадр»* для автоматического отсчета этого времени в режиме *«Выдержка»*.

Как в первом, так и во втором режимах транзисторы *Т1, Т2, Т3* образуют пороговый усилитель постоянного тока (УПТ). Пороговый уровень входного напряжения УПТ задается с помощью согласующего потенциометра *R10*, при этом изменяется запирающее напряжение истока полевого транзистора так, что в исходном состоянии транзисторы *Т1, Т2, Т3* закрыты, реле *Р1* обесточено, горит сигнальная лампа *Л1*, лампа *Лу* фотоувеличителя выключена.

При достижении входным напряжением установленного порогового уровня УПТ полевой транзистор *Т1* открывается и открывает транзисторы *Т2, Т3*, срабатывает реле *Р1*, гаснет сигнальная лампа *Л1* и включается лампа фотоувеличителя. При снижении величины входного напряжения ниже порогового уровня УПТ реле *Р1* отпускает, и все устройство возвращается в исходное состояние.

Фоторезистор *R1* удобнее поместить в выносном датчике любой конструкции, чтобы можно было при измерениях устанавливать его в наиболее ответственных участках кадра.

Фоторезистор *R1* вместе с резистором *R4* образуют светочувствительный делитель, с которого снимают входное напряжение УПТ в режиме *«Кадр»*. Наименьшее значение этого напряжения ограничено чувствительностью УПТ, а наибольшее — напряжением питания и отсечки полевого транзистора. Это и определяет выбор резистора *R4* (с учетом типа фоторезистора и его рабочей освещенности при фотопечати).

Настройку прибора в режиме *«Кадр»* желательно производить в фотолаборатории при выключенном фонаре *Лф* красного света, используя кадры, для которых известна или найдена оптимальная выдержка экспонирования при печати с крайними значениями времени экспозиции 1—2 и 55—65 с.

Вначале определяют диапазон устойчивой работы прибора для наименьшего и наибольшего входного напряжения. Для этого устанавливают движок потенциометра *R10* в крайнее нижнее по схеме положение, а движки подстроечных потенциометров *R9, R11* — в среднее положение. Соединяют среднюю точку делителя *R1R4* с корпусом и вращением движка подстроечного потенциометра *R11* находят моменты зажигания сигнальной лампы *Л1*. Затем подключают параллельно фоторезистору *R1* сопротивление 1,5 кОм, устанавливают движок потенциометра *R10* в крайнее верхнее по схеме положение и вращением движка подстроечного потенциометра *R9* находят момент выключения сигнальной лампы *Л1*. На этом заканчивают настройку прибора и приступают к его калибровке. Фоторезистор *R1* устанавливают на место участка средней освещенности кадра при максимальной выдержке, а потенциометр *R10* вводят на 90%. Подбором резистора *R4* и вращением движка потенциометра *R10* в небольших пределах находят момент зажигания сигнальной лампы *Л1*.

Затем переводят тумблер *В1* в положение *«Выдержка»*, устанавливают движки потенциометров *R3, R5* в среднее положение и подбором резистора *R2* задают точный отсчет времени.

Для этого нажимают в течение 1 с кнопку *Кн1* *«Пуск»*, происходит заряд конденсатора *С1* через ограничительное сопротивление *R6* до напряжения источника питания. После отпускания кнопки отрицательное напряжение с конденсатора *С1* подается на затвор полевого транзистора *Т1* и открывает его. Тогда открываются и транзисторы *Т2, Т3*, включается реле *Р1*, гаснет сигнальная лампа *Л1* и зажигается лампа увеличителя *Лу*. Так как УПТ имеет большое входное сопротивление, то конденсатор *С1* разряжается в основном через резисторы *R2, R3, R5*. Когда напряжение на конденсаторе *С1* упадет ниже порогового уровня УПТ, транзисторы *Т1, Т2, Т3* закроются и реле *Р1* выключится.

Отсчет времени выдержки можно производить секундомером по времени горения лампы увеличителя или сигнальной лампы. При подборе *R2* возможна регулировка потенциометрами *R3, R5* в небольших пределах. По окончании ее необходимо отметить положение ручек потенциометров и сделать соответствующие надписи номера и типа фотобумаги, для которой определяется отсчет времени в диапазоне при максимальных выдержках 55—65 с.

Затем устанавливают кадр с требуемой экспозицией в 1—2 с для того же номера и типа фотобумаги, определяют положение движка потенциометра *R10* по моменту зажигания сигнальной лампы *Л1* в режиме *«Кадр»* и регулировкой подстроечного потенциометра *R9* в небольших пределах устанавливают точное время отсчета времени экспозиции в режиме *«Выдержка»*. Меняя типы и номера фотобумаги, делают пробные отпечатки и отмечают положения ручек потенциометров *R3*, *R5*, соответствующие высокому качеству отпечатков.

Искрогасящий конденсатор *С2* любого типа должен быть рассчитан на рабочее напряжение не менее 300 В. В качестве регулирующих потенциометров *R3, R5* и *R10* можно использовать потенциометры типа СП (СПО), а в качестве подстроечных потенциометров *R9, R11* — типа СП5-16Т. Реле *Р1* — любого типа, позволяющего коммутировать переменное напряжение 220 В при силе тока нагрузки 0,1—0,5 А. Сила рабочего тока обмотки реле должна оставаться в пределах 10—60 мА при напряжении 5—50 В.

Наличие выносного датчика предъявляет особые требования к источникам питания прибора с точки зрения безопасности его эксплуатации. Поэтому фотореле рекомендуется подключать к сети 220 В через понижающий трансформатор.

КОДОВЫЙ ЗАМОК

В. Кравцов

Кодовый замок, принципиальная схема которого показана на рис. 1, предназначен для установки в дверях квартир, складов, сейфов, а также для охраны автомашин. Напряжение источника питания может быть следующим: 12,6 В постоянного напряжения (автомобильный вариант), 36 В переменного или постоянного напряжения, сеть переменного напряжения 127/220 В.

Замок срабатывает при нажатии кнопок только в определенной, заданной кодом последовательности. Код четырехзначный, а общее количество кнопок — десять,

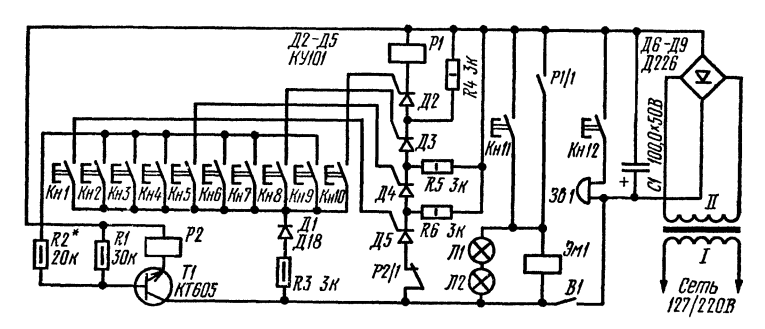
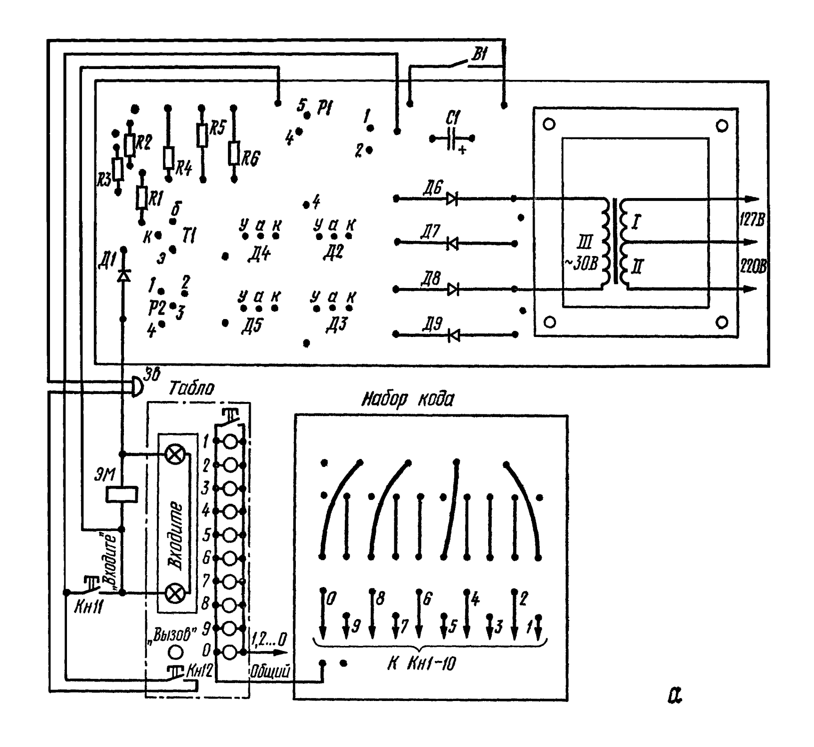


Рис. 1. Принципиальная схема кодового замка

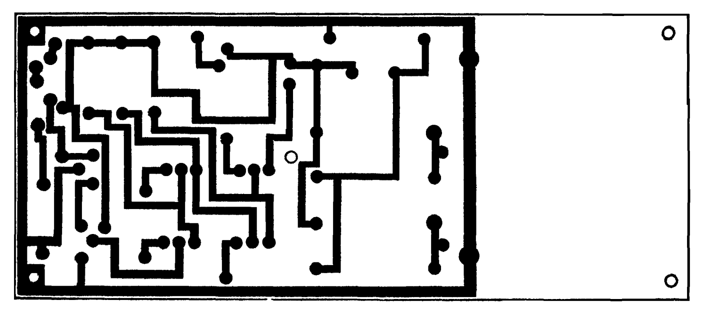
что значительно уменьшает вероятность подбора кода. В данном варианте на принципиальной и монтажной схемах показан условный код «1580». Для того чтобы исключить возможность открытия замка подбором кода, свободные кнопки, не использованные для кодирования, соединены параллельно и подключены через резистор *R2* к базе транзистора *T1*, который заперт отрицательным напряжением, подаваемым через резистор *R1*. Нажатие

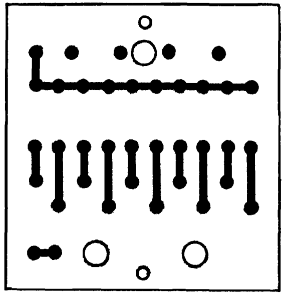


а

одной из этих кнопок открывает транзистор *Т1*, в цепи эмиттера которого включено реле *Р2*. Реле срабатывает и своими контактами *Р2/1* разрывает цепь питания тиристоров *Д2—Д5*. Все тиристоры закрываются независимо от числа правильно и неправильно набранных цифр кода. Такой же результат будет при нажатии всех десяти кнопок пульта, чему способствует большой разброс хода применяемых кнопок, затрудняющий открывание замка при незнании кода.

В случае правильного набора кода срабатывает реле *Р1*, своими контактами *Р1/1* включает тяговый электромагнит *Эм1* и подает напряжение на лампы *Л1* и *Л2*, освещающие надпись «Входите». При открывании двери контакты концевого выключателя *В1* разрывают цепь питания последовательно включенных тиристоров *Д2—Д5* и реле *Р1*, в результате чего замок принимает исходное положение.





б

Рис. 2: а — размещение деталей на монтажных платах набора кода и электронной части замка; *б* — конфигурация печатного монтажа

Резистор *R3* ограничивает ток через управляющие электроды тиристоров *Д2—Д5* и базу транзистора *T1*. Диод *Д1* служит для защиты от повреждений тиристоров *Д2—Д5* и транзистора *T1*.

Замок можно открывать дистанционно из помещения по вызову. Для этого служит кнопка *Кн11*, которая при нажатии блокирует контакты реле *Р1/1*, включает электромагнит и параллельно ему подключенные лампы *Л1* и *Л2*. Для незнающего кода служит кнопка *Кн12*, включающая сигнальный звонок. Если в помещении никого нет, то при попытке подобрать код сигнал тревоги может быть подан с помощью контактов *Р2/2* реле *Р2*, не показанных на схеме. Эти контакты включают обмотку дополнительного реле, подключающего звуковую или световую сигнализацию.

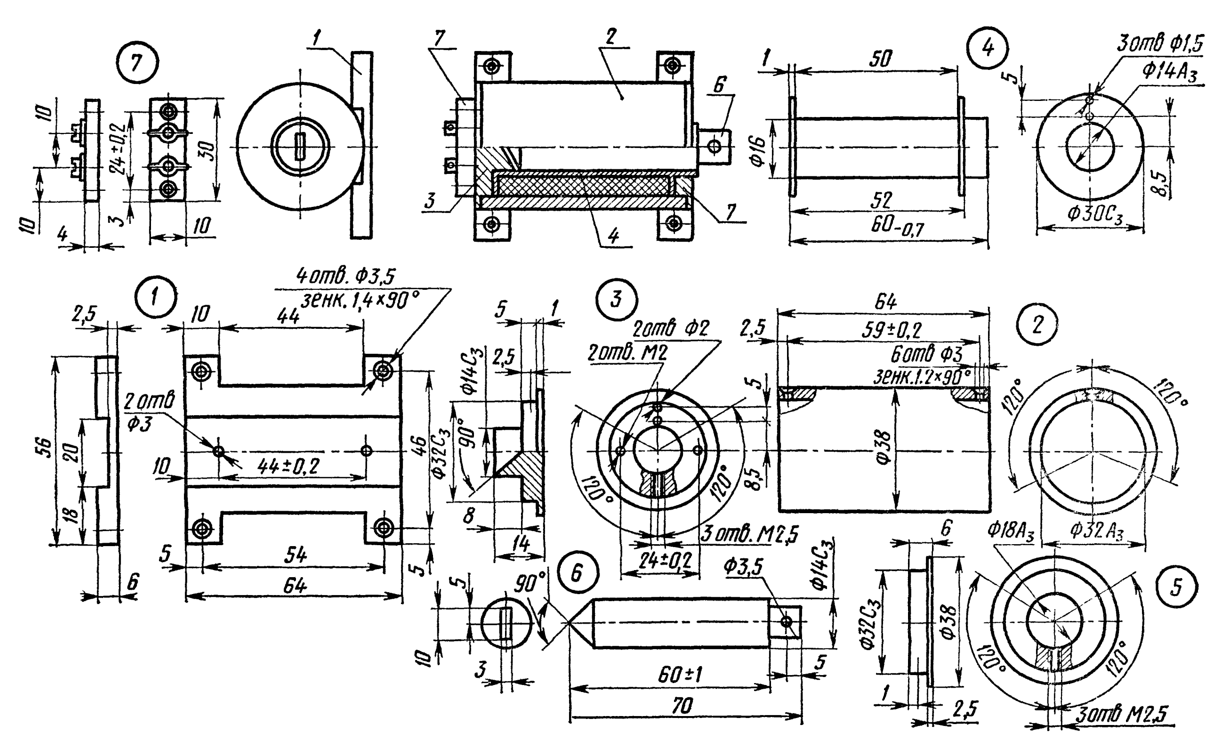


Рис. 3. Конструкция и детали электромагнита

Для питания замка от сети используется выпрямитель, выполненный по мостовой схеме на диодах *Д6—Д9*. Трансформатор питания *Тр1* имеет сердечник Ш12-30. Первичная обмотка *I* содержит 2200 витков провода ПЭВ-1 0,12, с отводом от 1270 витка (для сети напряжения 127 В), вторичная *II* — 360 витков провода ПЭВ-1 0,3 ÷ 0,35.

Сила тока, потребляемого замком, в основном определяется конструкцией тягового электромагнита. В запертом состоянии при закрытой двери замок почти не потребляет ток (кроме токов утечки закрытых тиристоров *Д2—Д5* и транзистора *Т1* — порядка нескольких микроампер).

Монтажная плата электронной части замка и плата набора кода показаны на рис. 2. Изменение кода осуществляется переключением проводов закодированных кнопок к другим зажимам. Для кодирования провода, идущие от управляющих электродов тиристоров *Д2—Д5*, подсоединяют к контакгам, номера которых соответствуют кодовому числу, а оставшиеся контакты соединяют перемычками и подключают к общему проводу (точка *5* на монтажной схеме).

В качестве тягового электромагнита можно использовать любой типовой с тяговым (начальным) усилием не менее 3 кгс. Конструкция электромагнита и детали, разработанные для этого кодового замка, показаны на рис. 3.

Реле *Р1* типа РЭС-9, паспорт РС4.524.200, реле *Р2* типа РЭС-15, паспорт РС4.591.001, кнопки и выключатель *В1* типа КМ1-1. Лампы подсветки типа СМ-37.

Налаживание кодового замка сводится к подбору величины сопротивления резистора *R2* таким образом, чтобы при нажатии некодовой кнопки реле *Р2* срабатывало.

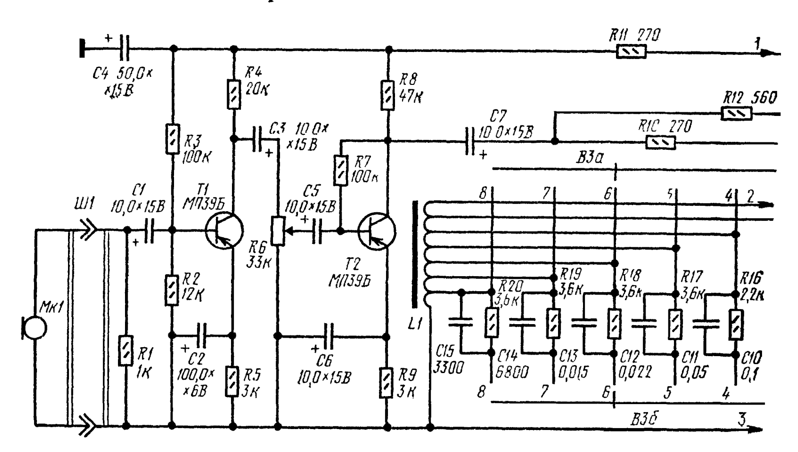
В случае питания замка от источника постоянного напряжения величиной 12 В реле *Р1* должно быть с паспортом РС4.524.202, а реле *Р2* — с паспортом РС4.591.002. Величины сопротивлений резисторов *R4, R5, R6* уменьшаются до 1 кОм.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Е. Решетов

Эргономика изучает взаимодействие и связи человека и машины в производственных условиях. Для успешного развития этой науки необходимо иметь представление о производственной среде, оказывающей действие на организм человека, и о состоянии организма в определенное время, о его работоспособности и готовности к выполнению трудовых операций.

Основными параметрами производственной среды, характеризующими условия труда человека, считают освещение, уровень шума, температуру, влажность, давление и скорость движения воздуха. Для их измерения используются электронные приборы. Одним из таких приборов является **шумомер.** Он позволяет оценивать общий уровень шума и отдельно на частотах 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Диапазон измерения от 40 до 120 дБ, погрешность измерения $\pm 20\%$. Принципиальная схема шумомера приведена на рис. 1. Для определения уровня звукового давления применен микрофон МД-59, а для измерения выходного сигнала использова-



на измерительная головка от люксметра Ю-16 при положении переключателя «100». Головку от люксметра можно заменить микроамперметром магнитоэлектрической системы М24 чувствительностью 100 мА.

Прибор имеет три усилительных каскада, собранных на транзисторах *T1—T3*. Для регулировки чувствительности прибора на входе второго каскада включен переменный резистор *R6*. В первом положении переключателя *B2* сигнал с коллектора транзистора *T2* через конденсатор *C7* и резистор *R12* подается на базу следующего усилительного каскада. Резистор *R13* служит для выравнивания коэффициента усиления первых двух каскадов в широкой полосе частот. Переключателем *B3* в коллекторную цепь транзистора *T2* через конденсатор *C8* и резистор *R10* подключается соответствующий резонансный контур, каждый из которых настроен на резонансную частоту. Резисторы *R14—R20* служат для выравнивания частотной характеристики. В коллекторную цепь транзистора *T3* через конденсатор *C18* и резистор *R25* включен мостовой выпрямитель, а в диагональ моста включена измерительная головка. Переключатель *B2* служит для контроля питающего напряжения.

Детали в приборе могут применяться любых типов, резисторы — МЛТ, ВС, УЛМ и другие, мощностью 0,125 Вт и больше. Конденсаторы можно использовать также любого типа. Сердечник катушки *L1* — ферритовое

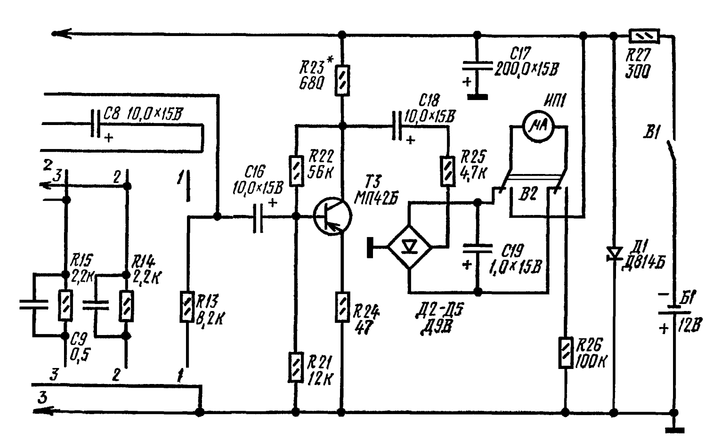


Рис. 1. Принципиальная схема шумомера

кольцо 2000НМ размером К40 × 25 × 7,5. Катушка содержит 600 + 125 + 270 + 175 + 174 + 76 + 220 витков провода ПЭЛШО 0,2 мм, намотанных внавал, считая от заземленного конца.

Если прибор собран правильно, из предварительно проверенных деталей, то наладки он почти не требует, нужно только подобрать номинал резистора *R23*. Для этого переключатель *В2* следует установить в первое положение, от звукового генератора подать сигнал частотой 1000 Гц на базу транзистора *Т2* и получить наибольший выходной сигнал, контролируя его по шкале прибора.

Для градуировки шкалы используют эталонные образцы шума или выполняют сопоставление результатов измерений нового прибора с прибором, прошедшим государственную проверку.

Переключатель *В2* устанавливают в первое положение. При уровне звукового давления в 120 дБ с помощью переменного резистора *R6* устанавливают стрелку измерительного прибора на последнюю отметку шкалы. При других уровнях звукового давления на шкалу наносят соответствующие отметки.

Перед началом работы с прибором производится контроль питающего напряжения. Для этого переключатель *В2* устанавливают в положение *«контроль»*. Если стрелка прибора не установилась в соответствующее положение, при котором была произведена градуировка, то необходимо сменить комплект батарей, после чего можно производить измерения.

Другой прибор, используемый в эргономике — **аудиометр**, предназначен для определения порога слуховой чувствительности на частотах 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Аудиометр представляет собой звуковой генератор с фиксированными частотами (рис. 2). Громкость звука регулируется переменным резистором *R9*, который имеет отградуированную шкалу. Физиологические исследования проводятся 4—5 раз в смену, при этом отмечается изменение (снижение) порога слуховой чувствительности к концу смены и это будет тем заметнее, чем выше нагрузка на организм человека. В качестве головных телефонов использованы наушники типа ТОН-2.

Частота пульса — один из показателей состояния

организма человека. Измерение частоты пульса производят **пульсотахометром.** Предлагаемый прибор предназначен для дистанционного измерения частоты пульса и состоит из двух основных частей: передатчика, совме-

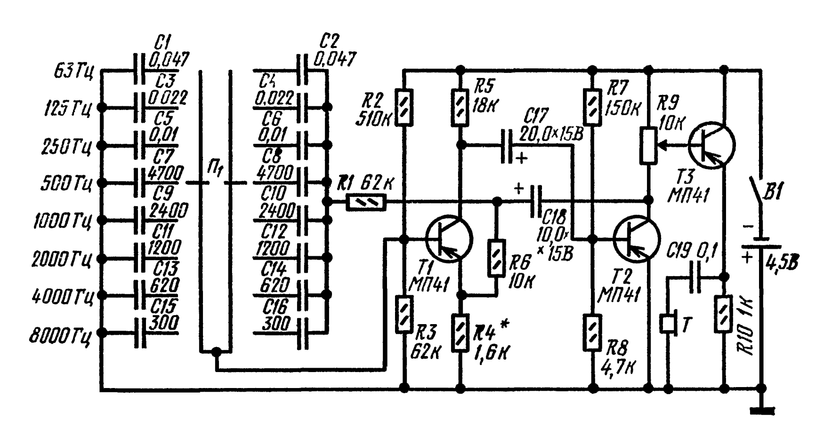


Рис. 2. Принципиальная схема аудиометра

щенного с пульсотахометром (рис. 3), и приемного устройства (рис. 4).

Фотодатчик выполнен на фоторезисторе СФ2-1 и малогабаритной лампе накаливания. Датчик вмонтирован в миниатюрную клипсу, которая закрепляется на мочке уха. Пульсация крови изменяет световой поток между источником света и фоторезистором. Эти изменения преобразуются в электрический сигнал и усиливаются двухкаскадным усилителем постоянного тока на транзисторах *Т2* и *Т3*. Для устойчивой работы усилитель охвачен отрицательной обратной связью, подаваемой через резистор *R8*. Усиленные импульсы поступают на формирующий каскад, представляющий собой триггер с эмиттерной связью *(Т4, Т5)*. Сформированный после каскада на транзисторе *Т6* импульс запускает передатчик (транзисторы *Т7—Т10*).

Приемник и передатчик работают на частоте 80 кГц. Приемник собран на трех низкочастотных (МП39) и

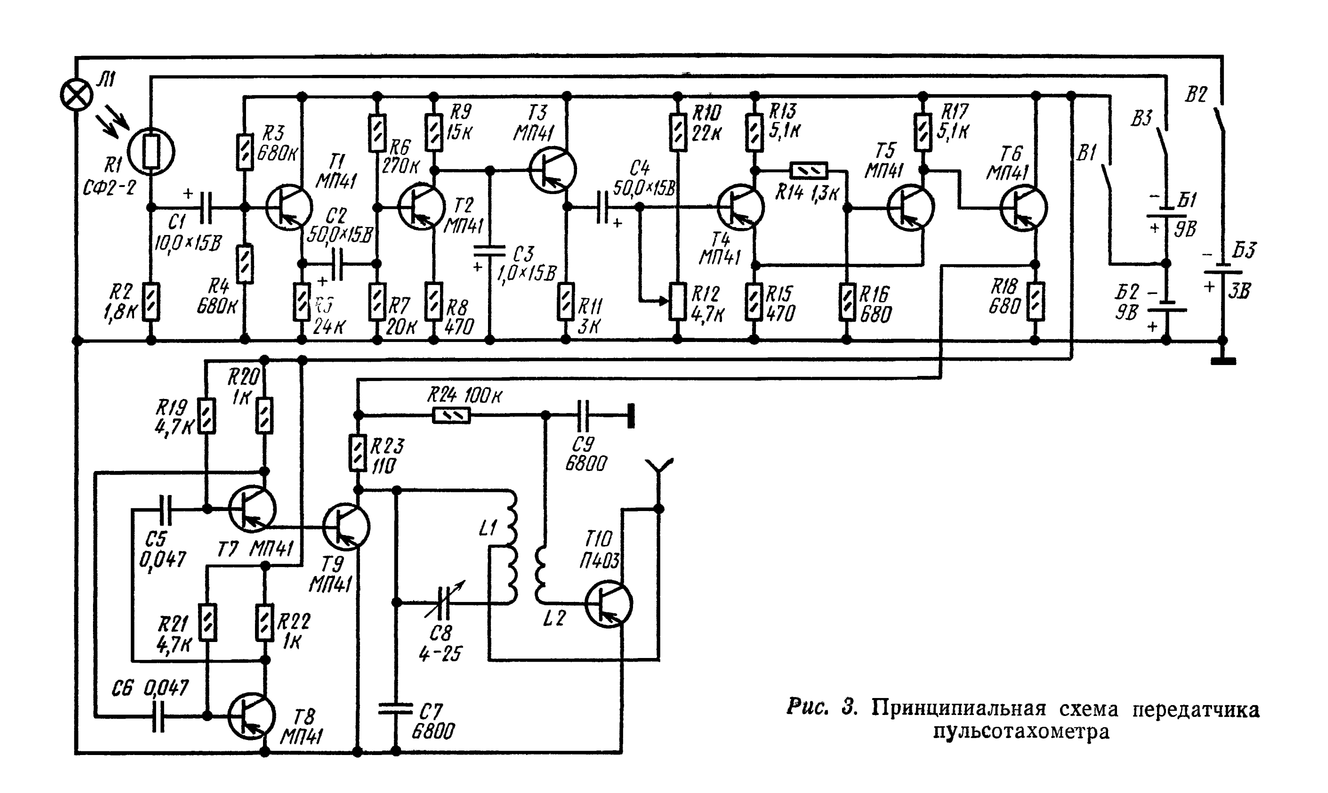


Рис. 3. Принципиальная схема передатчика пульсотахометра

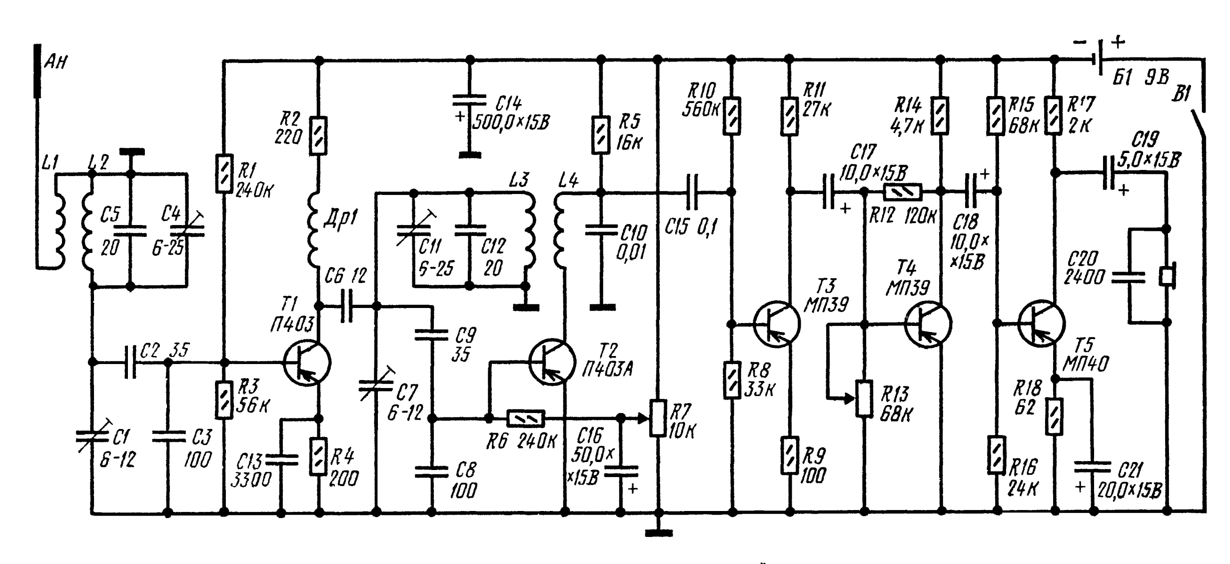


Рис. 4. Принципиальная схема приемного устройства пульсотахометра

двух высокочастотных (П403) транзисторах. Сигнал принимается на головные телефоны ТОН-2. Приемник имеет телескопическую антенну и обеспечивает устойчивую связь в пределах 10 м (при прямой видимости до 25 м).

В зависимости от зрительного утомления изменяется время, необходимое на выполнение определенного теста. При рассмотрении освещенных предметов с очень мелкими элементами человек перестает через некоторое время (в зависимости от утомления зрения) их видеть. Это время так называемого ясного видения является характеристикой зрительного утомления. В физиологии используется многократное динамическое измерение и определение относительных показателей (например, за

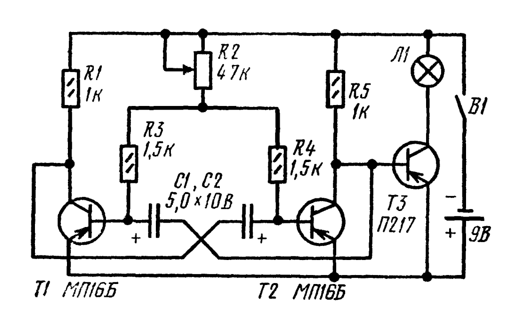


Рис. 5. Принципиальная схема прибора для определения критической частоты мельканий

смену). Кроме того, можно использовать прибор, который позволяет регистрировать порог критической частоты слияния мельканий. В практике используются приборы, где мелькания создаются вращающимся кругом с отверстиями перед источником света. Эти приборы имеют большие размеры и массу.

Предлагаемый комбинированный прибор позволяет оценить степень утомления зрительных органов по критической частоте слияний мельканий (КЧСМ) и устойчивости ясного видения (УЯВ). Прибор состоит из двух сменных насадок. Первая из них предназначена для определения КЧСМ. В нее включается источник мелькающего света, частота которого задается мультивибратором (рис. 5). Изменение частоты мелькания осущест-

вляется переменным резистором *R2*. По откалиброванной шкале снимаются показатели, характеризующие степень утомления глаз. Вторая насадка имеет на темном фоне стекла ярко освещенный мелкий предмет (например, кольцо ⌀ 5мм с разрывом 0,2 ÷ 0,3 мм). Через определенное время (в зависимости от утомления глаз) испытуемый перестает различать разрыв в кольце. Таким образом, время является относительным показателем утомляемости.

МИКРОФАРАДОМЕТР

С. Матлин

Приборы, у которых отсчет измеряемой емкости производится по шкале стрелочного измерителя, называют фарадометрами или микрофарадометрами. Конденсаторный микрофарадометр, описанный ниже, отличается широким диапазоном измеряемых емкостей, простотой схемы и налаживания.

Принцип действия микрофарадометра основан на измерении среднего значения силы разрядного тока измеряемого конденсатора, периодически перезаряжаемого с частотой F. На рис. 1 приведена упрощенная схема измерительной части прибора, питаемого импульсным напряжением прямоугольной формы, поступающим от генератора импульсов $Г$. При наличии напряжения

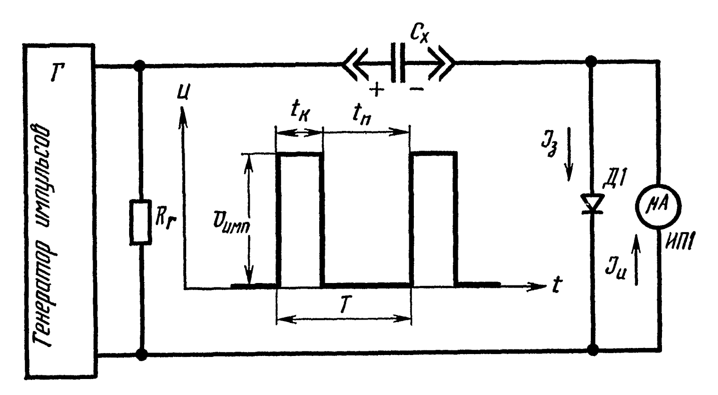


Рис. 1. Упрощенная схема измерительной части прибора

$U_{имп}$ на выходе генератора через диод *Д1* происходит быстрый заряд конденсатора C_x. Параметры схемы выбираются таким образом, что время заряда конденсатора значительно меньше длительности импульса $t_и$, поэтому конденсатор C_x успевает зарядиться полностью до напряжения $U_{имп}$ еще до окончания действия послед-

него. В интервале времени $t_п$ между импульсами конденсатор разряжается через внутреннее сопротивление генератора $R_г$ и микроамперметр μA1, измеряющий среднее значение силы разрядного тока. Постоянная времени разрядной цепи конденсатора C_x значительно меньше времени паузы $t_п$, поэтому конденсатор практически полностью успевает разрядиться за время перерыва между импульсами, частота которых

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_и + t_п}.$$

Таким образом, в установившемся режиме количество электричества, накопленное конденсатором C_x за один период и отдаваемое им при разряде, $Q = C_x U_{имп}$. При частоте следования импульсов F среднее значение силы тока, проходящего через микроамперметр при периодических разрядах конденсатора C_x, равно:

$$I_и = QF = C_x U_{имп} \cdot F, \text{ откуда}$$

$$C_x = \frac{I_и}{U_{имп} F}.$$

Из полученной формулы следует, что измеряемая емкость конденсатора C_x пропорциональна силе разрядного тока и, следовательно, при стабильных значениях $U_{имп}$ и F стрелочный измеритель μA1 можно снабдить равномерной шкалой, проградуированной в значениях C_x (практически используют имеющуюся линейную шкалу микроамперметра магнитоэлектрической системы).

На рис. 2 приведена принципиальная схема микрофарадометра, который позволяет измерять емкости конденсаторов примерно от 5 до 100 000 пФ на шкалах: 0—100; 0—1000; 0—10 000 и 0—100 000 пФ. Отсчет величины измеряемой емкости производится непосредственно по имеющейся шкале микроамперметра, что позволяет быстро и достаточно точно производить измерение. В качестве источника питания микрофарадометра используется аккумулятор 7Д-0,1 или батарея «Крона». На шкале 0—100 пФ ток значительно меньше и сила его не превышает 4 мА. Погрешность измерения не более 5—7% от верхнего предела шкалы.

Заряд конденсатора C_x осуществляется прямоугольными импульсами напряжения, создаваемыми несим-

метричным мультивибратором, смонтированным на транзисторах *Т1, Т2* с различной проводимостью. Мультивибратор генерирует периодическую последовательность прямоугольных импульсов напряжения с большой скважностью. Скачкообразное изменение частоты по-

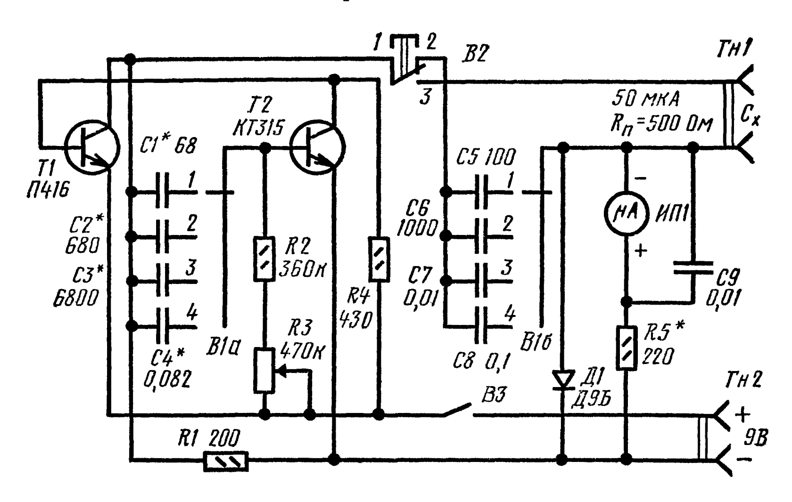


Рис. 2. Принципиальная схема микрофарадометра

вторения импульсов производится секцией *В1а* переключателя *В1*, включающего в цепь положительной обратной связи один из конденсаторов *С1—С4*; плавное — переменным резистором *R3*. Этим же переключателем производится переход с одного предела измерения на другой.

Прямоугольные импульсы напряжения, выделяемые на резисторе *R1*, через контакты 1—2 кнопки *В2* и диод *Д1* заряжают один из образцовых конденсаторов *С5—С8* или измеряемый конденсатор C_x (при нажатой кнопке *В2*). В промежутках между импульсами один из указанных конденсаторов (в зависимости от предела измерения и положения кнопки *В2*) разряжается через резисторы *R1*, *R5* и микроамперметр μА1. Диод *Д1* на показания микроамперметра не влияет, так как его обратное сопротивление значительно больше сопротивления цепи измерителя ($R_п + R5$). Конденсаторы *С5—С8* предназначены для калибровки прибора и должны быть по-

добраны возможно точнее, с отклонением от номинала не более чем на ±2%.

В конструкции применены малогабаритные резисторы ВС — 0,125, конденсаторы КСО, СГМ, КБГИ. Пере-

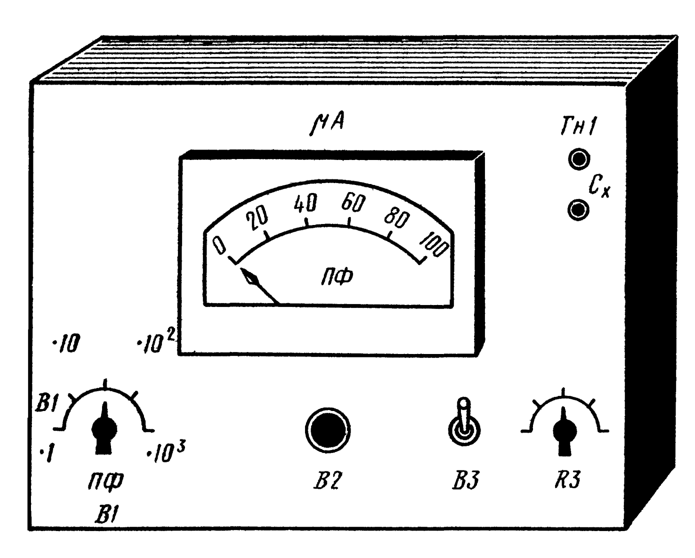


Рис. 3. Передняя панель прибора

менный резистор *R3* типа СП-1. Переключатель *В1* галетного типа на 4 положения и 2 направления. Микроамперметр — магнитоэлектрической системы на 50 мкА.

Один из вариантов расположения органов управления на передней панели приведен на рис. 3. Габариты конструкции определяются размерами микроамперметра и переключателя *В1* и поэтому не приводятся. В случае необходимости прибор можно питать от сети переменного тока с помощью стабилизированного выпрямителя, обеспечивающего на выходе напряжение 9 В при силе тока нагрузки не менее 10 мА. Выпрямитель в этом случае целесообразно расположить в корпусе прибора.

Шкала измерителя емкости, как уже указывалось, практически линейна, поэтому нет необходимости наносить на имеющуюся шкалу микроамперметра специальные метки между нулем и последним делением. Шкала

микроамперметра, имеющая, например, оцифрованные отметки 0, 20, 40... 1000 мкА, верна на любом пределе измерения емкости конденсаторов. Изменяется только цена деления. Так на пределах 0—100; 0—1000; 0—10 000 и 0—100 000 показания микроамперметра надо соответственно умножать на 1; 10; 10^2 и 10^3. Если шкала микроамперметра имеет всего 50 делений, то показания микроамперметра, в зависимости от указанных пределов измерения надо умножать на 2; $2 \cdot 10$; $2 \cdot 10^2$; $2 \cdot 10^3$.

Налаживание прибора обычно каких-либо затруднений не вызывает, если он собран из заведомо исправных деталей и при монтаже не допущено ошибок. О работе мультивибратора можно судить по шкале микроамперметра, показания которого должны изменяться при изменении положения движка переменного резистора *R3* на любом из четырех пределов измерения.

Установив переключатель *В1* в положение *1* (шкала 0—100 пФ), переменным резистором *R3* добиваются отклонения стрелки микроамперметра на всю шкалу. Если этого получить не удается, движок резистора *R3* устанавливают в среднее положение и подбирают величину емкости конденсатора *С1*. Более точно стрелку на конец шкалы устанавливают резистором *R3*. После этого переключатель *В1* переводят в положение *2* (шкала 0—1000 пФ) и, не трогая резистор *R3*, подбирают емкость конденсатора *С2* так, чтобы стрелка микроамперметра находилась вблизи конца шкалы. Аналогично уточняют значение емкости конденсаторов *С3* и *С4* в положениях *3* и *4* переключателя *В1* (на шкалах 0—10 000 и 0—100 000 пФ).

На этом налаживание прибора заканчивается. Порядок измерения емкости конденсаторов следующий. Подключив конденсатор C_x к гнездам *Гн1*, выключателем *В3* включают прибор и переключателем *В1* устанавливают нужный предел измерения. Затем резистором *R3* стрелку микроамперметра устанавливают на последнее деление шкалы и, нажимая кнопку *В2*, производят отсчет измеряемой емкости по шкале с учетом цены ее деления. Если при нажатой кнопке стрелка микроамперметра зашкаливает, переключатель *В1* переводят на более высокий предел измерения и повторяют измерения. Если же стрелка устанавливается в самом начале

шкалы, переключатель переводят на более низкий предел измерения.

В заключение укажем, что минимальное значение емкости, измеряемой на шкале 0—100 пФ, зависит от начальной емкости между гнездами *Гн1*, которую при монтаже следует свести к минимуму. Перед подключением конденсатора к прибору следует убедиться в отсутствии в нем пробоя, так как последний может привести к повреждению микроамперметра и диода. Если порядок измеряемой емкости неизвестен, процесс измерения следует начинать с наиболее высокого предела измерения (0—100 000 пФ).

При желании повысить точность измерения можно увеличить число пределов (шкал). Для этого надо использовать переключатель *В1* с большим числом положений (равным числу пределов), установить новые образцовые конденсаторы, емкости которых должны соответствовать верхнему значению выбранных пределов измерения, а также подобрать номиналы конденсаторов (вместо *С1—С4*), определяющих частоту следования импульсов напряжения мультивибратора.

СОДЕРЖАНИЕ

6Ф2.9
В80

В помощь радиолюбителю. Вып. 60. М.,
В80 ДОСААФ, 1977.

76 с. с ил.

На конц. пол.: сост. Борноволоков Э. П.

Приведены принципиальные схемы и описания конструкций трехканального лампового стереоусилителя, переговорного устройства, бесконтактного реле с регулятором тока

Предназначается для широкого круга радиолюбителей и радиоспециалистов

$В\frac{30402-130}{072(02)-77}$ 77—78 6Ф2.9

Сборник «В помощь радиолюбителю» № 60

Составитель *Эдуард Павлович Борноволоков*

Редактор *М. Е. Орехова*
Художественный редактор *Т. А. Хитрова*
Технический редактор *З. И. Сарвина*
Корректоры *И. С. Судзиловская, Е. А. Макарова*

ИБ № 496
Г-90734 Сдано в набор 27.VII 1977 г Подписано в печать 15 XI 1977 г. Изд. № 2/1272. Формат 84×108¹/₃₂ Бумага типографская № 3 Усл п л 4,2 Уч -изд. л. 3,688 Тираж 500 000 экз (1-ый завод 1—300 000 экз) Зак. 7—2085 Цена 30 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство ДОСААФ СССР. 107066, Москва, Б 66, Новорязанская ул , д. 26

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкнига» Госкомиздата УССР, Киев, ул. Довженко, 3.

Вниманию радиолюбителей!

В 1977 г. вышла из печати и поступила в продажу книга «Лучшие конструкции 27-й выставки творчества радиолюбителей». Сборник. М., ДОСААФ, цена 1 р. 60 к.

Свыше 700 различных конструкций демонстрировалось на 27-й выставке в Москве. В сборнике приведены описания отмеченных призами и дипломами конструкций, не опубликованные в других изданиях. Тематика сборника разнообразна. Читатель найдет в нем описание спортивной аппаратуры, телевизионной и звуковоспроизводящей техники, измерительных приборов и другой любительской аппаратуры.

Ваши отзывы о книге шлите по адресу: *107066, Москва, Б-66, Новорязанская ул., д. 26. Изд-во ДОСААФ.*

В 1978 г. Издательство ДОСААФ СССР выпускает для радиолюбителей следующие книги:

1. **Румянцев М. М.** Транзисторные приемники.

В книге даются советы по конструированию малогабаритных транзисторных приемников, приводятся проверенные на практике схемы радиолюбительских конструкций.

2. **Борисов В. Г.** Радиотехнические игры и соревнования.

Рассказывается об организации и проведении спортивных соревнований с использованием радиотехнических устройств, схемы которых приводятся в книге, рассчитанной на радиолюбителей — пионеров и школьников.

3. **Казанский И. В., Поляков В. Т.** Азбука коротких волн.

В увлекательной форме рассказывается о международных правилах любительского радиообмена, даются рекомендации по выбору схем приемников и передатчиков.

Книги можно заказать через магазины «Книга — почтой» по адресам:

117168, Москва, ул. Кржижановского, 14,
113114, Москва, Даниловская наб., д. 4а.

В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

Выпуск

60